

## **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

### **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE UNIONES CLAVADAS Y EMPERNADAS, SOMETIDAS A COMPRESIÓN, CON MADERA TIPO A, TIPO B Y TIPO C: GUAYACÁN, EUCALIPTO Y FERNANSÁNCHEZ; PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA DEL PROYECTO CASA MONTUFAR 623 (FONSAL).”**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR:**

**ALEJANDRO JOSUÉ ESPINOSA STEAD  
ANDRÉS FERNANDO SALAZAR MURILLO**

**SANGOLQUÍ, JUNIO DEL 2011**

## EXTRACTO/ABSTRACT

Lamentablemente en nuestro país no existe estudios sobre uniones de madera que son muy importante al momento de diseñar una estructura, es por esto que, la presente investigación tiene como propósito la determinación de cargas admisibles para la aplicación al diseño estructural.

Esta investigación tiene incorporado los resultados de tesis de varios autores de la Escuela Politécnica del Ejército que se han empleado para la determinación de Grupos de Maderas Estructurales.

Unfortunately in our country there are not studies about wood connections, which are very important to design a structure, this is the reason why the actual research has the main purpose of the determination of admissible loads for the application in the structural design.

This research has incorporated the results of several thesis authors of Army Politechnical School that have been employed for the determination of Grupos de Maderas Estructurales.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores:  
**ALEJANDRO JOSUÉ ESPINOSA STEAD, ANDRÉS FERNANDO SALAZAR MURILLO,** como requerimiento parcial a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL.**

Sangolquí, Junio del 2011

---

Ing. Mario Arias Santillán  
**DIRECTOR**

---

Ing. Ernesto Pro Zambrano  
**CODIRECTOR**

## DEDICATORIA

Este Trabajo es dedicado a mi abuelo el Doctor Jorge Bolívar Espinosa Estrella, un ejemplo a seguir, de dedicación y responsabilidad hacia a su trabajo, quien me lleno de su sabiduría y consejos durante toda mi vida.

A mis padres quienes se esforzaron por darme la educación.

A mi querido amigo Ricardo Trujillo que ya no se encuentra con nosotros pero siempre ocupara un lugar muy importante en mi corazón.

**Alejandro Espinosa S.**



## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico especialmente a mi Mamá que con su trabajo ha logrado darme la educación y los valores.

A mi Papá que a pesar de no estar conmigo su recuerdo siempre estará vivo, y me guiará para ser un hombre de bien.

A mis hermanas, a mis tíos, a mis primos que siempre han estado a mi lado.

A mis amigos que aliviaron los momentos difíciles, y alegraron aún más los momentos felices.

**Andrés Fernando Salazar Murillo.**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica del Ejército;

A los ex egresados; Ing. Edison Cueva, Ing. Darwin Barba, Ing. Esteban Martínez, Ing. Juan Carlos Siza, Ing. Stalin Armijos, Ing. Juan Medina, Ing. Jorge Cobos, Ing. Javier León, que con sus tesis de investigación fue posible la realización del presente estudio.

Al Ingeniero Mario Arias Santillán, Director;

Al Ingeniero Ernesto Pro Zambrano, Codirector;

A mi abuelo, Doctor Bolívar Espinosa Estrella;

A mi familia;

A mi hermosa novia, Carolina;

A todos mis maestros y amigos de la Carrera de Ingeniería Civil

**Alejandro Espinosa S.**

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica del Ejército;

A los Ingenieros, Profesores.

A mis amigos de la Universidad.

Al Ingeniero Mario Arias Santillán, Director.

Al Ingeniero Ernesto Pro Zambrano, Codirector.

A los ex egresados; Ing. Edison Cueva, Ing. Darwin Barba, Ing. Esteban Martínez, Ing. Juan Carlos Siza, Ing. Stalin Armijos, Ing. Juan Medina, Ing. Jorge Cobos, Ing. Javier León, que con sus tesis de investigación fue posible la realización del presente estudio.

A mi familia;

**Andrés Fernando Salazar Murillo.**

## HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

### ELABORADO POR

---

Sr. Alejandro Josué Espinosa Stead

---

Sr. Andrés Fernando Salazar Murillo

### COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

---

Ing. Jorge Zúñiga G.

### SECRETARIO ACADÉMICO

---

Dr. Mario Lozada

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

	<b>PAG</b>
1.1 ANTECEDENTES	32
1.2 AREA DE INFLUENCIA	33
1.2.1 Area de influencia directa	33
1.2.3 Area de influencia indirecta	33
1.3 JUSTIFICACIÓN	33
1.4 OBJETIVO GENERAL	34
1.5 OBJETIVOS ESPECIFICOS	34

### CAPÍTULO 2: LA MADERA 35

2.1 ANTECEDENTES	35
2.2 INTRODUCCION	36
2.3 ETAPA DE CRECIMIENTO DE LA MADERA	36
2.3.1 Anillos de crecimiento	36
2.4 CONFIGURACION DE LA MADERA	38
2.4.1 Corteza	38
2.4.1.1 Corteza exterior	39
2.4.1.2 Corteza interior	39
2.4.3 Cambium	39
2.4.4 Madera o xilema	39
2.4.4.1 La albura	39
2.4.4.2 Duramen	40
2.4.4.3 Médula	40
2.5 CLASES DE MADERA EN LA NATURALEZA	40
2.5.1 Estructura celular de la madera	40
2.5.2 Composicion química de la madera	41
2.5.3 Maderas latifoliadas	42
2.5.4 Maderas coníferas	44
2.6 EDAD DE CORTE DE LA MADERA	45
2.6.1 Edad de corte	46
2.6.2 Temporada de corte	46
2.6.3 Proceso de corte	46
2.6.3.1 Apeo	47

2.6.3.2	Poda y desmoche	47
2.6.3.3	Descortezado	47
2.6.3.4	Troceado	48
2.7	PROPIEDADES DE LA MADERA	48
2.7.1	Propiedad ortotrópica de la madera	48
2.7.2	Propiedades físicas	49
2.7.2.1	Aspecto exterior	49
2.7.3	Propiedades elásticas de la madera	53
2.7.3.1	Módulo de elasticidad	53
2.7.3.2	Módulo de rigidez o de corte	54
2.7.3.3	Coefficiente de poisson	55
2.8	ENSAYOS EN LA MADERA	55
2.8.1	Flexión estática	56
2.8.2	Compresión paralela al grano	57
2.8.3	Tenacidad	58
2.8.4	Compresión perpendicular al grano	60
2.8.5	Dureza	60
2.8.6	Corte paralelo a la fibra	61
2.8.7	Clivaje	62
2.8.8	Tracción paralela a la fibra	63
2.8.10	Tracción perpendicular a la fibra	65
2.9	PROPIEDADES MECÁNICAS	66
2.9.1	Grupos de maderas estructurales	66
2.9.2	Esfuerzos admisibles	67
2.9.2.1	Flexión estática	68
2.9.2.2	Compresión paralela al grano	68
2.9.2.3	Compresión perpendicular al grano	69
2.9.2.4	Corte paralelo a la fibra	70
2.9.2.5	Tracción paralela a la fibra	70
2.9.2.6	Tracción perpendicular a la fibra	71
2.9.2.7	Esfuerzo admisible a flexión	72
2.9.2.8	Resumen de datos	72
2.9.4	Propiedades mecánicas menos comunes	75
2.9.4.1	Resistencia a la torsión	75
2.9.4.2	Dureza	75
2.9.4.3	Fatiga	75
2.9.4.4	Fractura por fatiga	76
2.10	HUMEDAD EN LA MADERA	76
2.10.1	Relaciones del contenido de humedad	76
2.10.1.1	Madera verde (humedad máxima)	76
2.10.1.2	Punto de saturación de la fibra (PSF)	78
2.10.1.3	Equilibrio del contenido de humedad	79
2.11	AGENTES DE BIODEGRADACION DE LA MADERA	82

2.11.1	Agentes biológicos	83
2.11.1.1	Hongos	83
2.11.1.2	Mohos	84
2.11.1.3	Insectos	85
2.11.2	Agentes abióticos	88
2.11.2.1	Degradación por la luz	88
2.11.2.2	Humedad atmosférica	89
2.11.2.3	Fuego	89
2.12	TRATAMIENTO DE LA MADERA	91
2.12.1	Introducción	91
2.12.2	Tipos de productos protectores	92
2.12.2.1	Por el tipo de preservante	93
2.12.2.2	Por la protección que realiza	94
2.12.2.3	Por la protección que desean lograr	95
2.12.3	Métodos de preservación	95
2.12.3.1	Tratamientos sin presión	96
2.12.3.2	Tratamientos con presión	97
<b>CAPÍTULO 3: MADERA ESTRUCTURALES DEL ECUADOR</b>		<b>99</b>
3.1	INTRODUCCION	99
3.2	NOMBRES CIENTÍFICOS DE LA MADERAS ESTRUCTURALES	99
3.2.1	Guayacán pechiche	100
3.2.1.1	Ubicación geográfica	101
3.2.1.2	Condiciones mediambientales	101
3.2.1.3	Taxonomía	102
3.2.1.4	Morfología de la especie	102
3.2.1.5	Propiedades mecánicas	103
3.2.2	Eucalipto Globulus	104
3.2.2.1	Ubicación geográfica	104
3.2.2.2	Propiedades mecánicas	105
3.2.3	Fernansánchez	105
3.2.3.1	Ubicación geográfica	106
3.2.3.2	Propiedades mecánicas	106
3.3	OTRAS MADERAS ESTRUCTURALES	107
3.3.1	Chanul	107
3.3.1.1	Generalidades	107
3.3.1.2	Ubicación geográfica	108
3.3.1.3	Propiedades mecánicas	108
3.3.2	Roble	109
3.3.2.1	Generalidades	109
3.3.2.2	Ubicación geográfica	109

3.3.3	Moral fino	110
3.3.3.1	Generalidades	110
3.3.3.2	Ubicación geográfica	110
3.3.3.3	Propiedades mecánicas	111
3.3.4	Pituca	111
3.3.4.1	Generalidades	111
3.3.4.2	Ubicación geográfica	112
3.3.4.3	Propiedades mecánicas	112
3.3.5	Sande	113
3.3.5.1	Generalidades	113
3.3.5.2	Ubicación geográfica	114
3.3.5.3	Propiedades mecánicas	114
3.3.6	Mascarey	115
3.3.6.1	Generalidades	115
3.3.6.2	Ubicación geográfica	116
3.3.6.3	Propiedades mecánicas	116
3.3.7	Caña Guadua	117
3.3.7.1	Definición	117
3.3.7.2	Morfología	118
3.3.7.3	Propiedades mecánicas	120
3.4	MADERAS NO ESTRUCTURALES	121
3.4.1	Maderas para encofrados	121
3.4.1.1	Encofrado tradicional de madera	122
3.5	CLASIFICACION ESTRUCTURAL DE MADERAS ECUATORIANAS	127
<b>CAPÍTULO 4: UNIONES</b>		<b>129</b>
4.1	INTRODUCCIÓN	129
4.2	SISTEMAS DE FIJACIÓN	130
4.2.1	Clavos	130
4.2.1.1	Material de fabricación	130
4.2.1.2	Tipos de clavos	130
4.2.1.3	Características principales	132
4.2.2	Tornillos	134
4.2.2.1	Dimensiones	134
4.2.3	Tirafondos	136
4.2.3.1	Dimensiones	137
4.2.4	Pernos	138
4.2.4.1	Material de fabricación	138
4.2.4.2	Características principales	138
4.2.4.3	Consideraciones para el diseño	139
4.2.5	Conectores de anillo	140



4.2.5.1	Material de fabricación	141
4.2.5.2	Conector de anillo partido	142
4.2.5.3	Conectores de anillo dentado	143
4.2.5.4	Conector de anillo de corte	144
4.2.5.5	Tensión paralela al grano	144
4.2.4.6	Tensión perpendicular al grano	147
4.2.5.7	Modificaciones	148
4.2.6	Placas metálicas	151
4.3	SOLICITACIONES EN LA UNIONES	153
4.3.1	Cizalle simple	153
4.3.2	Cizalle doble	154
4.3.3	Cizalle múltiple	154
4.4	TIPO DE UNIONES	155
4.4.1	Uniones clavadas	155
4.4.1.1	Espesores mínimos de la madera	156
4.4.1.2	Solicitaciones de extracción lateral	156
4.4.1.3	Solicitaciones de cizallamiento simple	157
4.4.1.4	Solicitaciones de cizallamiento múltiple	158
4.4.1.5	Clavos en hileras en elementos	159
4.4.1.6	Espaciamientos	160
4.4.2	Uniones empernadas	163
4.4.2.1	Doble cizallamiento	163
4.4.2.2	Cizalle simple	165
4.4.2.3	Cizalle múltiple	165
4.4.2.4	Espaciamientos	165
4.4.2.5	Consideraciones de taladrado	166
4.4.2.6	Dimensiones m ínimas de arandelas	166
4.5	FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE LAS UNIONES	167
4.5.1	Densidad de la madera	167
4.5.2	Factor de modoficación de carga	168
4.5.3	Factor de modificación por humedad	168
4.5.4	Factor de modificación por temperatura	168
4.5.5	Factor de modificación por acción de grupos	169
4.5.6	Factor de modificación por simple, doble cizallamiento de tensiones o excentricidades	169
4.5.7	Factor de modificación por concentraciones o esfuerzos	170
4.5.8	Carga de acuerdo a la direccion de la fibra	170

<b>CAPÍTULO 5: ENSAYO EN UNIONES CLAVADAS Y EMPERNADAS</b>	<b>172</b>
5.1	CONTENIDO DE HUMEDAD 172
5.1.1	Alcance 172
5.1.2	Objetivo 173
5.1.3	Equipo 173
5.1.3.1	Horno 173
5.1.3.1	Balanza 174
5.1.4	Acondicionamiento de la madera 174
5.1.5	Procedimiento 175
5.1.6	Cálculo de datos 175
5.1.7	Reporte de resultados 176
5.2	ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS 198
5.3	ENSAYOS PRELIMINARES 199
5.3.1	Ensayo de extracción de clavos 199
5.3.1.1	Dimensiones de la probeta 199
5.3.1.2	Especificaciones del equipo de laboratorio 200
5.3.1.3	Resumen del método de ensayo 201
5.3.1.4	Reporte de datos 201
5.3.1.5	Resumen de resultados 205
5.3.2	Ensayo de resistencia lateral enclavos 205
5.3.2.1	Dimensiones de la probeta 205
5.3.2.2	Especificaciones del equipo de laboratorio 206
5.3.2.3	Resumen del método de ensayo 207
5.3.2.4	Reporte de datos 207
5.3.2.5	Resumene de datos 212
5.4	ENSAYOS DE UNIONES 213
5.4.1	Introduccion 213
5.4.2	Diseño de uniones 213
5.4.2.1	Uniones clavadas 213
5.4.2.2	Uniones empernadas 217
5.4.3	Reprote de datos 220
5.4.4	Especificaciones del equipo de laboratorio 220
5.4.3.2	Uniones empernadas 221
5.4.3.3	Uniones clavadas 252
5.4.3.4	Resumen de resultados 284
5.5	CONCLUSIONES 285

<b>CAPÍTULO 6: CARGA ADMISIBLE DE UNIONES</b>	287
6.1 TIPOS DE TENSIONES	287
6.1.1 TENSIONES máximas o de ruptura	287
6.1.2 Tensiones básicas	287
6.1.3 Tensiones admisibles	288
6.1.3.1 Factor de servicio y seguridad	289
6.1.3.2 Factor de duracion de carga	291
6.1.3.3 factor por concentracion de tensiones	291
6.1.3.4 Factor por peligro de pudrición	292
6.1.3.5 Factor por corrección de humedad	293
6.2 CARGAS ADMISIBLES	294
6.2.1 Extracción de clavos	294
6.2.2 Resistencia lateral en clavos	295
6.2.3 Uniones clavadas	296
6.2.4 Uniones empernadas	299
6.3 ARCHIVO FOTOGRAFICO	
<b>CAPÍTULO 7: DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	306
7.1 INTRODUCCIÓN	306
7.2 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	307
7.2.1 Código de diseño	307
7.2.1.1 ACI 318-2005	308
7.2.1.2 Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2001)	310
7.2.1.3 Manual de diseño del grupo andino	310
7.3 REQUISITOS DE RESISTENCIA	310
7.3.1 Generalidades	310
7.3.2 Resistencia requerida	310
7.3.3 Deformaciones admisibles	311
7.4 CARGAS APLICADAS	311
7.4.1 Carga muerta	311
7.4.1.1 Peso propio	311
7.4.1.2 Carg permanente	312
7.4.2 Carga viva	312
7.4.2.1 Carga de servicio	312
7.4.2.2 Carga de mantenimiento	312
7.4.2.3 Carga de ceniza o granizo	313
7.4.3 Carga de viento	313
7.4.4 Carga sísmica	313
7.4.4.1 Sismo estático	314
7.4.4.2 Sismo dinámico	315
7.5 MODELAJE ESTRUCTURAL	317
7.5.1 Definición de materiales	317

7.5.1.1	Hormigón	317
7.5.1.2	Eucalipto	318
7.5.1.3	Paredes de mamposteria cruzada de ladrillo	320
7.5.1	Definición de secciones	321
7.5.2.1	Losa de contrapiso	321
7.5.2.2	Losa de 1er y 2do piso	321
7.5.2.3	Paredes de mampostería	322
7.5.2.4	Viga de hormigón	323
7.5.2.5	Vigas de madera	323
7.5.2.6	Correas de madera	324
7.5.3	Asignación de cargas	325
7.5.3.1	Cargas gravitatorias	325
7.5.3.2	Carga de viento	326
7.5.3.3	Carga sísmica	326
7.6	ELEMENTOS TIPO VIGA	328
7.6.1	Flexión	328
7.6.2	Corte	330
7.6.3	Compresion perpendicular a las fibras	331
7.6.4	Estabilidad	331
7.7	ELEMENTOS TIPO COLUMNA	333
7.7.1	Longitud efectiva	333
7.7.2	Esbeltez	334
7.7.3	Clasificación de columnas	334
7.7.3.1	Columnas cortas	334
7.7.3.2	Columnas intermedias	335
7.7.3.3	Columnas largas	335
7.8	ELEMENTOS DE ANCLAJE	336
7.8.1	Uniones con placas	336
7.8.1.1	Acero en placas metálicas	337
7.8.1.2	Acero en pernos y tirafondos	337
7.8.1.3	Consideraciones generales	338
7.8.1.4	Cargas admisibles	339
7.8.7.5	Espesor de la placa metálica	339
7.8.7.6	Longitud de penetracion del perno o tirafondo	340
7.8.7.7	Espaciamientos	341

## **CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.1	Conclusiones	343
8.2	Recomendaciones	345

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	346
---------------------	-----

<b>ANEXO 1</b>	349
----------------	-----

A1.1	Dimensiones de probetas	350
A1.2	Normas de laboratorio	371

<b>ANEXO 2</b>	430
----------------	-----

A2.1	Diseño de columnas	431
A2.2	Diseño de vigas	436
A2.3	Diseño de correas	443
A2.4	Diseño de vigas soleras	458

<b>ANEXO 3</b>	466
----------------	-----

A3.1	Diseño de placas metálicas con uniones	467
------	--	-----

<b>ANEXO 4</b>	470
----------------	-----

A4.1	Planos arquitectonicos y estructurales	471
------	--	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	PÁG.
2-1	Desarrollo fisiológico de la madera	46
2-2	Agrupación de las maderas ecuatorianas	52
2-3	Agrupación de las maderas ecuatorianas de acuerdo a su densidad	52 31
2-4	Módulo de Elasticidad	54
2-5	Grupos de Especies estructurales de madera	67
2-6	Resistencia al corte para secciones comerciales	68
2-7	Esfuerzos admisibles a la compresión paralela a la fibra	69
2-8	Esfuerzos admisibles a la compresión perpendicular a la fibra	69
2-9	Resistencia al corte paralelo a la fibra	70
2-10	Esfuerzo admisible a la tracción paralelo a la fibra	71
2-11	Esfuerzo admisible a la tracción perpendicular a la fibra	71
2-12	Esfuerzos admisibles a la flexión	72
2-13	Tabla de resumen de esfuerzos admisibles	73
2-14	Tabla de resumen esfuerzos admisibles en grupos estructurales	74
2-15	Variación de las propiedades mecánicas para una variación unitaria en el contenido de humedad.	74
2-16	Máximo contenido de humedad posible	78
2-17	Contenido de humedad de la madera en equilibrio con temperatura y humedad relativa	81
3-1	Nombre científico de maderas estructurales del Ecuador	100
3-2	Esfuerzos admisibles del Guayacán Pechiche	103
3-3	Esfuerzos admisibles del Eucalipto	105
3-4	Esfuerzos admisibles del Fernansánchez	106
3-5	Esfuerzos admisibles del Chanul	108
3-6	Esfuerzos admisibles de Moral Fino	111
3-7	Esfuerzos admisibles de Pituca	112
3-8	Esfuerzos admisibles de Sande	114
3-9	Esfuerzos admisibles de Mascarey	116
3-10	Esfuerzos admisibles Cana Guadua	120
3-11	Tensiones admisibles para madera de encofrado	124
3-12	Características Físico-Mecánicas de la Madera para Encofrado.	124
3-13	Características Físico - Mecánicas de Paneles Contrachapados	125
3-14	Propuesta de agrupación de la madera ecuatoriana	127
3-15	Esfuerzos admisibles de la madera estructural ecuatoriana	128
3-16	Tabla de resumen esfuerzos admisibles por grupos	128

estructurales

4-1	Dimensiones mas comunes de clavos lisos con aleación de Zinc.	132
4-2	Dimensiones mas comunes de clavos lisos	133
4-3	Dimensiones mas comunes de clavos anillados y helicoidales.	133
4-4	Dimensiones más comunes de tornillos	135
4-5	Dimensiones más comunes de tirafondos	137
4-6	Dimensiones más comunes de pernos	139
4-7	Espesores mínimos cuando se utiliza conectores de anillo	150
4-8	Espaciamientos mínimos (mm), en función del diámetro, D, del clavo	160
4-9	Cargas admisible para uniones empernadas a doble cizallamiento	164
4-10	Espaciamientos mínimos(mm), en función del diámetro, D, del perno	165
4-11	Mayoración de los diámetros de los agujeros (mm), respecto al diámetro, D del perno	166
4-12	Dimensiones mínimas de arandelas para uniones empernadas (mm)	166
4-13	Factor Cd en función de la duración de carga	168
4-14	Factor Cd en función del incremento o decremento de temperatura	168
4-15	Factor de modificación Cg en función del número de elementos por hilera	169
4-16	Factor de modificación $C_{\Delta}$ en función de cizallamiento simple o doble y Por excentricidades	169
4-17	Factor de modificación Cct por concentraciones de esfuerzos	170
5-1	Contenido de humedad para el ensayo de resistencia lateral en clavos.	176
5-2	Contenido de humedad para el ensayo de extracción de clavos.	177
5-3	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 90°.	178
5-4	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 80°.	179
5-5	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 70°.	180
5-6	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 60°.	181
5-7	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 50°.	182
5-8	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 40°.	183
5-9	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 30°.	184
5-10	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 20°.	185
5-11	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 10°.	186
5-12	Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 0°.	187
5-13	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 90°.	188

5-14	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 80°.	189
5-15	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 70°.	190
5-16	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 60°.	191
5-17	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 50°.	192
5-18	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 40°.	193
5-19	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 30°.	194
5-20	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 20°.	195
5-21	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 10°.	196
5-22	Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 0°.	197
5-23	Promedios de contenido de humedad	198
5-24	Cargas últimas de ensayos de extracción de clavos en GUAYACÁN	202
5-25	Cargas últimas de ensayos de extracción de clavos en EUCALIPTO	203
5-26	Cargas últimas de ensayos de extracción de clavos en FERNANSÁNCHEZ	204
5-27	Cargas últimas promedio y mínima de ensayos de extracción de clavos	205
5-28	Dimensiones reales y cargas máximas, para el ensayo de resistencia lateral con madera Guayacán	208
5-29	Deformaciones y cargas, del ensayo de resistencia lateral con madera Guayacán.	208
5-30	Dimensiones reales y cargas máximas, para el ensayo de resistencia lateral con madera Eucalipto.	209
5-31	Deformaciones y cargas, del ensayo de resistencia lateral con madera Eucalipto.	210
5-32	Dimensiones reales y cargas máximas, para el ensayo de resistencia lateral con madera Fernansánchez.	211
5-33	Deformaciones y cargas, del ensayo de resistencia lateral con madera Fernansánchez.	211
5-34	Resumen de resultados para el ensayo de resistencia lateral con las maderas Guayacán, Eucalipto y Fernansánchez.	212
5-35	Cargas admisibles por clavo-simple cizallamiento	216



5-36	Resumen de cargas de diseño en las uniones clavadas estudiadas en esta tesis.	217
5-37	Resumen de cargas de diseño en las uniones empernadas estudiadas en esta tesis.	219
5-38	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 90° de Guayacán	222
5-39	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 90° de Guayacán	222
5-40	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 80° de Guayacán	223
5-41	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 80° de Guayacán	223
5-42	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 70° de Guayacán	224
5-43	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 70° de Guayacán	224
5-44	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 60° de Guayacán	225
5-45	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 60° de Guayacán	225
5-46	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 50° de Guayacán	226
5-47	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 50° de Guayacán	226
5-48	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 40° de Guayacán	227
5-49	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 40° de Guayacán	227
5-50	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 30° de Guayacán	228
5-51	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 30° de Guayacán	228
5-52	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 20° de Guayacán	229
5-53	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 20° de Guayacán	229
5-54	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 10° de Guayacán	230
5-55	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 10° de Guayacán	230
5-56	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 0° de Guayacán	231
5-57	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 0° de	231

	Guayacán	
5-58	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 90° de Eucalipto	232
5-59	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 90° de Eucalipto	232
5-60	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 80° de Eucalipto	233
5-61	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 80° de Eucalipto	233
5-62	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 70° de Eucalipto	234
5-63	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 70° de Eucalipto	234
5-64	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 60° de Eucalipto	235
5-65	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 60° de Eucalipto	235
5-66	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 50° de Eucalipto	236
5-67	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 50° de Eucalipto	236
5-68	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 40° de Eucalipto	237
5-69	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 40° de Eucalipto	237
5-70	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 30° de Eucalipto	238
5-71	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 30° de Eucalipto	238
5-72	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 20° de Eucalipto	239
5-73	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 20° de Eucalipto	239
5-74	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 10° de Eucalipto	240
5-75	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 10° de Eucalipto	240
5-76	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 0° de Eucalipto	241
5-77	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 0° de Eucalipto	241
5-78	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 90° de Fernansánchez	242

5-79	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 90° de Fernansánchez	242
5-80	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 80° de Fernansánchez	243
5-81	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 80° de Fernansánchez	243
5-82	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 70° de Fernansánchez	244
5-83	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 70° de Fernansánchez	244
5-84	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 60° de Fernansánchez	245
5-85	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 60° de Fernansánchez	245
5-86	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 50° de Fernansánchez	246
5-87	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 50° de Fernansánchez	246
5-88	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 40° de Fernansánchez	247
5-89	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 40° de Fernansánchez	247
5-90	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 30° de Fernansánchez	248
5-91	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 30° de Fernansánchez	248
5-92	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 20° de Fernansánchez	249
5-93	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 20° de Fernansánchez	249
5-94	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 10° de Fernansánchez	250
5-95	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 10° de Fernansánchez	250
5-96	Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 0° de Fernansánchez	251
5-97	Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 0° de Fernansánchez	251
5-98	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 90° de Guayacán.	254
5-99	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 90° de Guayacán.	254
5-100	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas	255

	a 80° de Guayacán.	
5-101	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 80° de Guayacán.	255
5-102	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 70° de Guayacán.	256
5-103	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 70° de Guayacán.	256
5-104	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 60° de Guayacán.	257
5-105	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 60° de Guayacán.	257
5-106	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 50° de Guayacán.	258
5-107	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 50° de Guayacán.	258
5-108	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 40° de Guayacán.	259
5-109	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 40° de Guayacán.	259
5-110	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 30° de Guayacán.	260
5-111	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 30° de Guayacán.	260
5-112	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 20° de Guayacán.	261
5-113	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 20° de Guayacán.	261
5-114	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 10° de Guayacán.	262
5-115	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 10° de Guayacán.	262
5-116	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 0° de Guayacán.	263
5-117	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 0° de Guayacán.	263
5-118	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 90° de Eucalipto.	264
5-119	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 90° de Eucalipto.	264
5-120	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 80° de Eucalipto.	265
5-121	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 80° de Eucalipto.	265

5-122	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 70° de Eucalipto.	266
5-123	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 70° de Eucalipto.	266
5-124	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 60° de Eucalipto.	267
5-125	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 60° de Eucalipto.	267
5-126	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 50° de Eucalipto.	268
5-127	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 50° de Eucalipto.	268
5-128	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 40° de Eucalipto.	269
5-129	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 40° de Eucalipto.	269
5-130	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 30° de Eucalipto.	270
5-131	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 30° de Eucalipto.	270
5-132	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 20° de Eucalipto	271
5-133	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 20° de Eucalipto.	271 272
5-134	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 10° de Eucalipto.	272
5-135	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 10° de Eucalipto.	272
5-136	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 0° de Eucalipto.	273 274
5-137	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 0° de Eucalipto.	273
5-138	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 90° de Fernansánchez.	274
5-139	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 90° de Fernansánchez.	274
5-140	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 80° de Fernansánchez.	275
5-141	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 80° de Fernansánchez.	275
5-142	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 70° de Fernansánchez.	276
5-143	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 70° de	276

	Fernansánchez.	
5-144	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 60° de Fernansánchez.	277
5-145	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 60° de Fernansánchez.	277
5-146	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 50° de Fernansánchez.	278
5-147	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 50° de Fernansánchez.	278
5-148	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 40° de Fernansánchez.	279
5-149	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 40° de Fernansánchez.	279
5-150	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 30° de Fernansánchez.	280
5-151	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 30° de Fernansánchez.	280
5-152	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 20° de Fernansánchez.	281
5-153	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 20° de Fernansánchez.	281
5-154	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 10° de Fernansánchez.	282
5-155	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 10° de Fernansánchez.	282
5-156	Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 0° de Fernansánchez.	283
5-157	Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 0° de Fernansánchez.	283
5-158	Resumen de resultados en uniones emperradas con valores de carga última promedio y mínimo a diversos ángulos de inclinación	284
5-159	Resumen de resultados en uniones clavadas con valores de carga última promedio y mínimo a diversos ángulos de inclinación	284
6-1	FM duración de carga CD de acuerdo al tiempo de aplicación de la carga.	291
6-2	FM por humedad CD de acuerdo al tiempo de aplicación de la carga	292
6-3	Factores de modificación de acuerdo al tipo de sollicitación.	293
6-4	Variación de las propiedades mecánicas para una variación	293

	unitaria en el contenido de humedad.	
6-5	Cargas admisibles para extracción de clavos para cada tipo de madera y diferente condición de humedad	295
6-6	Cargas admisibles para cizalle simple con clavo de 2.96mm de diámetro y 63mm de longitud, para un contenido humedad de la madera del 12% y 30%	295
6-7	Cargas mínimas para cada tipo de madera a diferentes ángulos de ensayo.	297
6-8	Cargas mínimas promedios para cada tipo de madera.	297
6-9	Cargas admisibles para uniones clavadas con cuatro clavos.	297
6-10	Carga admisible para un clavo.	298
6-11	Comparación de resultados de cargas admisibles para uniones clavadas con 4 clavos en Guayacán, para un contenido de humedad del 30%	299
6-12	Cargas admisibles para unión con un perno de diámetro 13mm y longitud de 114mm a diferentes ángulos de aplicación de carga con humedades en la madera del 12% y 30%	299
6-13	Tabla comparativa de los resultados de laboratorio en una unión con perno versus la fórmula de Hankinson	300
6-14	Tabla comparativa de los resultados de laboratorio versus la fórmula de Hankinson	301
7-1	Datos para el cálculo de los coeficientes V, C y T.	315
7-2	Resultados de los parámetros	315
7-3	Datos para el espectro de respuesta	316
7-4	Esfuerzos admisibles de la madera estructural ecuatoriana	328
7-5	Sistema de arriostamiento según la relación b/h	332
7-6	Coefficiente k para el cálculo de Lef	333
7-7	Características de aceros para el uso en placas metálicas	337
7-8	Características de aceros para el uso pernos y tirafondos.	337
7-9	Cargas admisibles para unión con placa metálica con un perno a diferentes ángulos de aplicación de carga con humedades en la madera del 12% y 30%.	339

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIG</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁG.</b>
2-1	Anillos de crecimiento de la madera	37
2-2	Zonas constitutivas del tronco	38
2-3	Estructura anatómica de una madera latifoliada	43
2-4	Estructura anatómica de una madera conífera	44
2-5	Ejes de la madera	49
2-6	Fallas por tensión	56
2-7	Tipos de fallas por compresión paralela al grano	58
2-8	Esquema del ensayo de dureza	61
2-9	Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo a corte paralelo a las fibras	61
2-10	Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo de clivaje	63
2-11	Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo de tracción paralela a la fibra	31
2-12	Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo de tracción perpendicular a la fibra	65
2-13	Corte transversal donde se identifica la albura y el duramen.	88
4-1	Partes o elementos del clavo.	130
4-2	Clavo liso	131
4-3	Clavo anillado	131
4-4	Clavo helicoidal	132
4-5	Tipos comunes para madera y sus partes: A cabeza plana, B cabeza redonda y C de cabeza ovalada.	134
4-6	Tirafondo	136
4-7	Simbología para la designación de las dimensiones de los tirafondos	137
4-8	Perno típico	138
4-9	Rosca de perno tipo Whitworth	139
4-10	Torsión en la junta empernada de dos miembros	140
4-11	Conector típico de anillo partido	143
4-12	Ensamble de conectores de anillo	143
4-13	Anillo dentado	144
4-14	Junta con anillo de corte	144
4-15	Típicos conectores metálicos	151
4-16	Representación del fenómeno de cizalle	153
4-17	Cizalle simple, se observa un solo plano de falla	153
4-18	Cizalle doble, se observa dos planos de falla	154
4-19	Espaciamientos mínimos en una unión a compresión(A)	161



	y tracción (B)	
4-20	Generación del esfuerzo oblicuo a la fibra en miembros de madera	171
5-1	Dimensiones de la probeta para la extracción directa de clavos	199
5-2	Dimensiones reales de la probeta para la resistencia lateral en clavos	206
5-3	Dimensiones reales de una unión clavada a 60°	214
5-4	Dimensiones de una unión empernada a 80°	218
6-1	Interpretación grafica sobre el límite de proporcionalidad	290
7-1	Configuración de una pared de mampostería de ladrillo cruzado	307
7-2	Código de diseño para las combinaciones de carga en el programa ETABS.	309
7-3	Modelo espacial en ETABS.	317
7-4	Propiedades del eucalipto en ETABS	320
7-5	Secciones del contrapiso de hormigón ETABS.	321
7-6	Secciones del piso de madera ETABS.	322
7-7	Secciones de las paredes de mampostería ETABS.	322
7-8	Sección de la viga de hormigón ETABS.	323
7-9	Sección de las vigas de madera ETABS.	323
7-10	Sección de las correas de madera en ETAB.	324
7-11	Modelo en ETABS con las secciones establecidas.	324
7-12	Asignación de la carga de ceniza en la cubierta.	325
7-13	Asignación de la carga de viento en la cubierta.	326
7-14	Cargas que afectarán a sismo estático ETABS.	326
7-15	Espectro de respuesta en el programa ETABS.	327
7-16	Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión	329
7-17	Distribución de esfuerzos de corte para una sección rectangular.	331
7-18	Empleo de una placa metálica en madera	336
7-19	Espaciamientos mínimos	341
7-20	Placas metálicas en elementos de madera.	342
7-21	Figura 7-21: Placa metálica sujetando la viga a la correa.	343

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO	CONTENIDO	PÁG.
2-1	Eucalipto de la familia de las Latifoliadas	43
2-2	Pino de la familia de las Coníferas	45
2-3	Ensamble para la prueba de flexión estática	56
2-4	Ensamble para la prueba de compresión paralela a la fibra	57
2-5	Ensamble para el ensayo de tenacidad	59
2-6	Ensamble para el ensayo de compresión perpendicular a la fibra	60
2-7	Detalle del aditamento para el ensayo de de corte paralelo a la fibra	62
2-8	Detalle del ensamble para el ensayo de clivaje	63
2-9	Detalle del ensamble para el ensayo de tracción paralela a la fibra	64
2-10	Detalle del ensamble para el ensayo de tracción perpendicular a la fibra	65
2-11	Presencia Hongos en la Madera	83
2-12	Presencia de Moho en la Madera.	84
2-13	Insecto emergiendo en la superficie de la madera.	85
2-14	Insecto coleóptero Cerambícidos.	86
2-15	Insecto tipo Líctidos.	86
2-16	Insecto tipo Anóbidos.	87
2-17	Efectos de las termitas en la madera	88
2-18	Exposición de viga al fuego donde la superficie carbonizada sirve de aislante durante el incendio disminuyendo la velocidad de combustión en el interior.	90
2-19	Secciones transversales residuales expuestas al fuego.	91
3-1	Madera Guayacán Pechiche.	100
3-2	Madera Eucalipto globulus.	104
3-3	Madera Fernansánchez.	105
3-4	Madera Chanul.	107
3-5	Madera Roble.	109
3-6	Madera Moral Fino.	110
3-7	Madera Pituca.	111
3-8	Madera Sande.	113
3-9	Madera Mascarey.	115
3-10	Planta de la caña guadua Ecuatoriana	117
3-11	Rizomas de la guadua	118
3-12	Tallo de la guadua	119
3-13	Hojas de la caña guadua	120

3-14	Desperdicio de encofrado en obra.	121
3-15	Elementos del Encofrado.	122
3-16	Encofrado tradicional.	123
3-17	Tableros de Madera.	125
3-18	Encofrado con paneles contrachapados.	126
5-1	Horno de aire forzado	174
5-2	Balanza digital	174
5-3	Muestras dentro del horno	175
5-4	Medidor de humedad y temperatura	198
5-5	Maquina de ensayos universales	200
5-6	Espécimen 8 de Eucalipto para el ensayo de resistencia a la extracción.	201
5-7	Colocación del espécimen en la máquina de tracción	207
5-8	Colocación de un espécimen en la máquina de compresión	220
5-9	Especímenes a ser ensayados en la máquina de compresión.	221
5-10	Falla típica de uniones empernadas	221
5-11	Especímenes a ser ensayados en la máquina de compresión.	252
5-12	Falla típica de uniones clavadas	253
6-1	Probeta para ensayo de Extracción de Clavos.	294
6-2	Probeta para ensayo de Conexión Clavada.	296
6-3	Unión clavada con cuatro clavos.	298

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1. ANTECEDENTES

La Casa Montufar 623, es una estructura del periodo colonial, fabricada con materiales de la época como la mampostería de ladrillo cruzado. Con el pasar del tiempo y el poco mantenimiento que recibió esta estructura a lo largo de toda su vida útil, se vio en la necesidad urgente de hacer un reforzamiento estructural y un cambio de la cubierta ya existente.

En la cubierta existen diferentes uniones ó nudos en diversos ángulos, los cuales merecen un trato especial ya que la unión es el eslabón más débil dentro de una estructura. Esta debilidad permite investigar, experimentar y una posterior publicación de los resultados obtenidos en laboratorio al ensayar uniones de madera y de esta manera determinar la verdadera resistencia de las maderas locales.

Estructuralmente estos nudos deben ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro, sin comprometer la rigidez y geometría del sistema estructural,

donde los esfuerzos de compresión se transmiten por simple apoyo y los de tracción que requieren de un mayor análisis para dar continuidad a la estructura se resuelven mediante fijaciones que traspasarán los esfuerzos de un elemento a otro.

## **1.2. ÁREA DE INFLUENCIA.**

### **1.2.1. Área de influencia directa**

El área estructural para el diseño en madera en Ingeniería Civil es la principal beneficiada ya que se determinara las características físico-mecánicas de uniones tanto clavadas como emperradas; así como también la resistencia a la extracción y resistencia lateral de clavos con el uso de maderas como: Guayacán, Eucalipto Globulus y Fernansánchez.

### **1.2.2. Área de influencia indirecta**

El área de influencia indirecta afectará el diseño de la cubierta de la Casa Montufar 623, ya que se determinará la característica real de la madera y de las uniones, con lo que obtendremos secciones diferentes de la cubierta, afectando el valor directo del material de construcción "madera".

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En el Ecuador no existe información nacional acerca del diseño estructural de uniones en madera, y debido a que las uniones son elementos compuestos donde trabajan conjuntamente la madera con su elemento de fijación, conocer la resistencia real de dichas conexiones, con los diferentes tipos de madera

planteados en esta tesis, nos garantiza un buen diseño estructural y nos elimina esa incertidumbre que tiene el diseñador al utilizar normas internacionales.

Al no existir una normativa en el Ecuador para el diseño de estructuras de madera, ni mucho menos para el diseño de uniones; este Proyecto de Grado entregará un estudio sobre la capacidad admisible de las uniones y su aplicación al diseño estructural.

#### **1.4. OBJETIVO GENERAL**

Determinar las propiedades físico-mecánicas de uniones clavadas y emperradas, sometidas a compresión con maderas tipo A, B y C, Guayacán, Eucalipto Globulus y Fernansánchez, y la aplicación de los resultados obtenidos del laboratorio al diseño de la cubierta de la CASA MONTUFAR N°623.

#### **1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar las propiedades físicas de las uniones en las maderas mencionadas con ensayos de laboratorio pertinentes.
- Determinar la resistencia a la extracción de clavos.
- Determinar la resistencia lateral en clavos.
- Determinar la carga admisible de la unión clavada.
- Determinar la carga admisible de la unión emperrada.
- Determinación de la influencia de la orientación de las fuerzas con relación a la madera en uniones clavadas y emperradas.
- Realizar el diseño de la cubierta de la CASA MONTUFAR 623.
- Determinar conclusiones sobre el proyecto realizado.

## CAPÍTULO 2

### LA MADERA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Pocos materiales han sido utilizados durante miles de años en la construcción, el hombre ha manipulado, cortado y transformado acorde a sus necesidades a la madera y en el presente todavía se la utiliza como material de construcción. La madera fue uno de los primeros materiales utilizados en la fabricación de viviendas, herramientas para la caza, tensillos y como combustible. Gracias a la madera el hombre pudo navegar, descubrir nuevas tierras y conquistarlas. En la actualidad se la utiliza aplicando diversas técnicas que permiten aprovechar al máximo sus características de resistencia y durabilidad.

En Arquitectura es empleada en numerosas edificaciones permitiendo realizar acabados espectaculares y detalles muy difíciles de igualar con otros materiales.

En la Ingeniería Civil es un elemento fascinante de construcción y uno de los más complejos al momento de realizar un diseño estructural, debido a las características orgánicas de la madera.

## **2.2. INTRODUCCIÓN**

La madera es un ser vivo por lo tanto difiere mucho de otros elementos empleados en la construcción como son el acero y el hormigón; debido a las características intrínsecas de la madera, es imposible asignarle esfuerzos unitarios de trabajo, en otras palabras dependiendo del eje (longitudinal, tangencial y radial) donde se encuentre aplicada una cierta sollicitación la madera resistirá eficientemente o ineficientemente dicha carga; por esta razón la madera es considerada un material ortotrópico. Por ser la madera un material ortotrópico (Fig. 2-5) presenta problemas más complejos que otros materiales de construcción.

A la madera le afectan numerosos factores que hacen disminuir su capacidad resistente, entre los más importantes se tiene: densidad, humedad y defectos naturales. El conocimiento sobre estos factores tiene por objetivo determinar el correcto uso y aplicación de la madera.

## **2.3. ETAPA DE CRECIMIENTO DE LA MADERA**

La etapa de crecimiento de la madera está relacionada con el número de anillos formados por un árbol a lo largo de su vida. Estos anillos se forman hasta la muerte del árbol, cuando estos anillos no son bien marcados, la densidad de la madera es mayor, mientras que anillos bien definidos crean una madera de densidad media a baja. Esto se debe a las diferentes épocas de año en la cual existen: abundancia de nutrientes (lluvia y sol), y épocas de sequía donde el árbol consume sus reservas.

### **2.3.1. Anillos de crecimiento**

En la mayoría de la especies de climas templados, la diferencia entre la madera que se forma a principios de una estación y la que se forma más tarde es



suficiente para producir anillos bien marcados de crecimiento anual (Fig. 2-1). La edad de un árbol en el tronco se puede determinar contando estos anillos, sin embargo si el crecimiento del árbol se interrumpe por la sequia, más de un anillo se puede formar en una temporada.



**Fig. 2-1. Anillos de crecimiento de la madera**

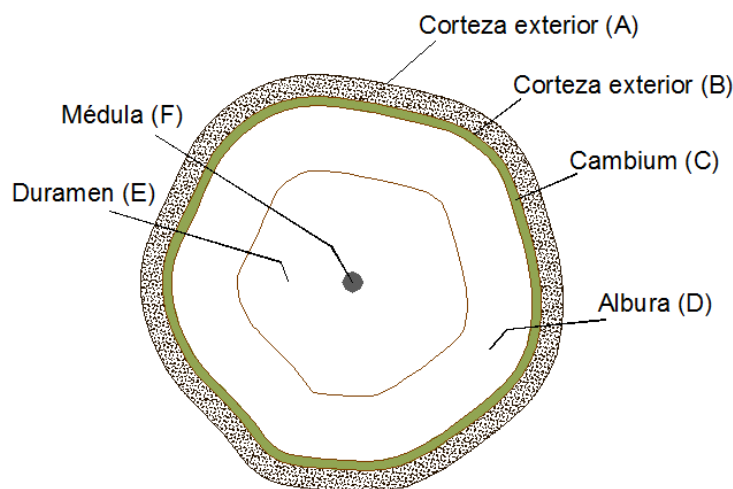
En la parte interior del anillo de crecimiento formado por primera vez en la temporada de crecimiento se llama “madera temprana” y la parte exterior que se forma mas tarde en la estación de crecimiento se llama “madera tardía”. La madera temprana tiene la característica de contener células con cavidades relativamente grandes y de pared delgada, la madera tardía tiene cavidades mas pequeñas y paredes mas gruesa. La transición de madera temprana a tardía puede ser gradual o abrupta, dependiendo del tipo de madera y las condiciones de cultivo en el momento de su formación.

Los anillos de crecimiento son fácilmente apreciables en especies con fuerte contraste entre madera tardía formada en un año y la madera temprana formada al año siguiente como es el caso del Eucalipto Globulus. En maderas de origen tropical como el Guayacán Pechice y Caimitillo, el crecimiento puede ser prácticamente continuo durante todo el año y no existen anillos de crecimiento bien definidos.

Cuando los anillos de crecimiento son prominentes, como en la mayoría de coníferas y latifoliadas de porosidad anular, la madera temprana difiere notablemente de la madera tardía en propiedades físicas como: resistencia, densidad, contenido de humedad.

## 2.4. CONFIGURACIÓN DE LA MADERA

La naturaleza fibrosa de la madera influye mucho en cómo se utiliza. La madera está compuesta principalmente de células huecas y alargadas que se disponen en forma paralela a lo largo del tronco de un árbol. Cuando se corta un árbol, las características de estas células fibrosas y su disposición afecta a las propiedades de la madera como: resistencia, contracción, así como el diseño del corte de la madera. Un corte transversal de un árbol (Fig. 2-2) muestra la configuración de la madera.



**Fig. 2-2. Zonas constitutivas del tronco**

### 2.4.1. Corteza

La corteza que puede ser dividida en un parte exterior corchosa (A), cuyo espesor varía según la especie y la edad de los arboles, y una interior parte viva (B), que lleva el alimento desde las hojas a las partes de crecimiento del árbol.

#### **2.4.1.1. Corteza exterior (A)**

Esta parte está compuesta por células muertas que le dan ese aspecto resquebrajado y protegen al árbol de los agentes atmosféricos como: el sol y la lluvia.

#### **2.4.1.1. Corteza interior (B)**

Esta parte es la encargada de trasladar los nutrientes (savia) necesarios al árbol para su correcto crecimiento, esta savia circula por todo el árbol como la sangre en nuestro cuerpo, este alimento va desde las hojas hacia la rama, de la rama al tronco y del tronco a las raíces.

#### **2.4.3. Cambium (C)**

La capa de cambium o cambio que se encuentra dentro de la corteza y las células de madera, se puede ver sólo con un microscopio, el cambium es un tejido encargado de producir células, estas células producen el crecimiento del árbol.

#### **2.4.4. Madera o xilema**

La madera que en la mayoría de los arboles está claramente diferenciada en: Albura, Duramen y Médula.

##### **2.4.4.1. La albura (D)**

La albura se encuentra entre el cambium y el duramen, esta parte contiene tejido vivo y muerto, la función principal de la albura es la de almacenar alimento y en las capas exteriores cerca del cambium, la albura controla el transporte de agua o savia. La albura puede cambiar de espesor y el número de anillos de crecimiento. El espesor radial de la albura oscila entre 4 a 6cm, en especies de origen tropical esta albura puede alcanzar un espesor de 8 a 15cm o más. En general especies con mayor resistencia o densidad tienen una mayor albura.

#### **2.4.4.2. Duramen (E)**

El duramen está compuesto de células inactivas que no funcionan, ya sea en la conducción de agua o almacenamiento de alimentos. La transición de la albura al duramen es acompañada por un aumento en el contenido de extractivos como: minerales, resinas, aceites y colorantes. Con frecuencia estos extractivos se oscurecen y dan a las especies de madera su color característico. Todos los durámenes de color oscuro no son resistentes a la pudrición, mientras que durámenes casi incoloros presentan una mayor resistencia a la pudrición.

Esta capa tiene la característica de ser más resistente al ataque de hongos e insectos.

#### **2.4.4.3. Médula (F)**

La médula está constituida por tejido flojo y poroso, constituida por células débiles o muertas. Su diámetro puede variar desde unos pocos milímetros hasta más de un centímetro, dependiendo de la especie.

### **2.5. CLASES DE MADERA EN LA NATURALEZA**

Las maderas se clasifican dependiendo de su estructura celular y se dividen en dos grandes grupos: maderas latifoliadas y coníferas

#### **2.5.1. Estructura celular de la madera**

Los elementos estructurales de los tejidos de la madera son de diferente forma y tamaño y se encuentran bien juntos. Los poros de madera seca pueden estar vacíos o parcialmente llenos de resinas, gomas y colorantes. La mayoría de las células de la madera son alargadas, estas células son llamadas fibras o

traqueidas. La longitud de estas fibras es muy variable dentro de un árbol y dependen de la especie maderera. Una madera dura tiene fibras de alrededor de 1mm de largo y madera media o blanda fibras de 3 a 8mm.

Además de fibras las maderas duras tienen células de diámetro relativamente grandes conocidas como vasos o poros, estas células transportan la savia. Las maderas blandas no contienen vasos y la conducción de la savia es realizada por las traqueidas.

Para maderas duras y blandas las células están agrupadas en estructuras o tejidos que se orientan en dirección horizontalmente desde la medula hasta la corteza. Estas células conducen la savia radialmente a través de las fibras.

Otro tipo de células en la madera son las parénquimas y su función principal es la de almacenar alimentos.

### **2.5.2. Composición química de la madera**

La madera contiene elementos como: celulosa, lignina, hemicelulosa y pequeñas cantidades de otros materiales extraños entre un 5% a un 10% de su volumen en peso. La celulosa es el principal componente de la madera y constituye aproximadamente el 50% del peso de la madera. Durante el crecimiento del árbol la celulosa se dispone en fibrillas que a su vez se organizan en elementos estructurales mas grandes que componen la pared celular de las fibras de madera. La celulosa tiene un gran valor comercial ya que con ella se fabrica el papel, lacas y explosivos.

La lignina constituye desde el 23 al 33% en peso en maderas blandas y del 16 al 25% en peso en maderas duras o densas, la lignina es el agente adhesivo que une a las células. La lignina puede ser convertida en una gran variedad de productos como un compuesto del caucho, aditivos para el concreto y como aromatizantes.

La hemicelulosa está asociada con la celulosa y son polímeros (macromoléculas) de bajo peso molecular compuestas por azúcares, la cantidad de azúcares varía según la especie de madera.

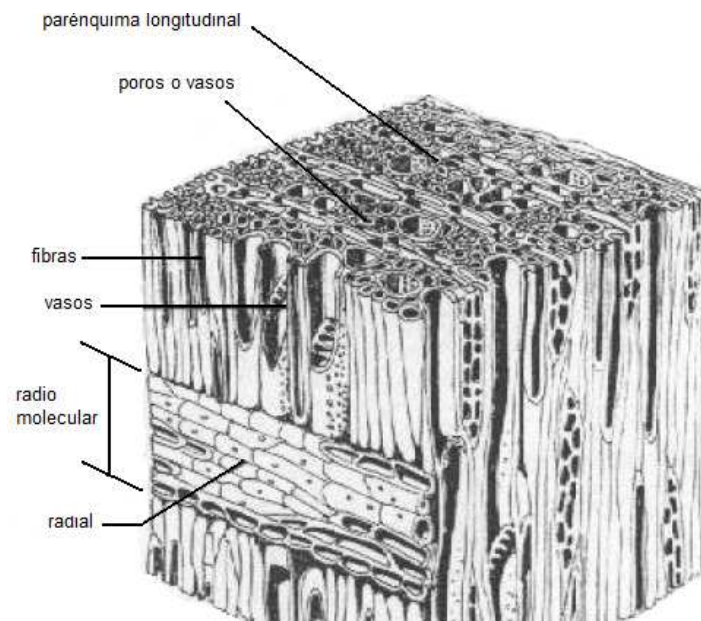
Los materiales extraños no son componentes estructurales de la madera, existen materiales orgánicos e inorgánicos dentro de estos compuestos. Los materiales orgánicos son extractos que contribuyen a la formación del color, olor, sabor, resistencia a la pudrición, densidad e inflamabilidad de la madera. Estos materiales orgánicos pueden ser removidos por disolventes como: agua, alcohol, acetona, benceno o, éter.

Los componentes inorgánicos en general constituyen entre el 0.2 al 1% de la sustancia de madera. El calcio, potasio y magnesio son los constituyentes más abundantes, además existen partes muy pequeñas (partes por millón) de fósforo, sodio, hierro, silicio, cobre, zinc y otros que pueden estar presentes en la madera.

### **2.5.3. Maderas latifoliadas**

Este tipo de madera tiene una estructura celular heterogénea (variada), dentro de su distribución existen dos tipos de células (porosas o vasos), fibras y parénquimas; las primeras funcionan como venas que conducen el agua y los nutrientes, entre mayor cantidad de poros la densidad de la madera baja, las células parénquimas almacenan nutrientes. El diámetro de estas células van desde  $<50\mu\text{m}$  hasta aquellos que son visibles a simple vista.

Las fibras de estas maderas se las conoce con el nombre “fibra corta” ya que su longitud es de 900 a 1600  $\mu\text{m}$ .



**Figura 2-3: Estructura anatómica de una madera latifoliada**

Este tipo arboles son de copa ramificada y su tronco varia en dimensiones y forma (Foto 2-1).



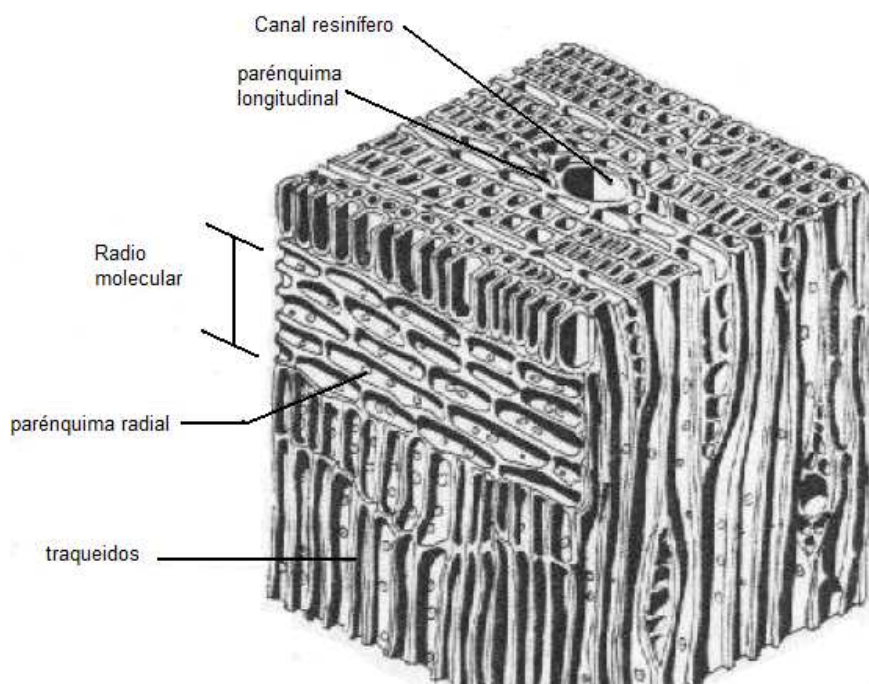
**Foto 2-1: Eucalipto Globulus de la familia de las Latifoliadas**

#### 2.5.4. Maderas coníferas

Este tipo de maderas no tiene vasos es el principal factor para diferenciarlas de las latifoliadas, además se caracterizan por tener una distribución celular homogénea, las coníferas contienen células traqueidas en alrededor del 90% del volumen de madera y contienen una cantidad baja de células parénquimas.

Su estructura celular es simple con “fibras largas”, uniformes y excesivamente apretadas y es la causa de su elevado índice resistencia-peso. La longitud de sus fibras varía entre 3000 a 5000  $\mu\text{m}$ .

Estas maderas tienen la propiedad de ser más livianas, flexibles y resistentes que las latifoliadas.



**Figura 2-4: Estructura anatómica de una madera conífera**

Estos árboles tienen el tronco recto, cónico hasta su ápice (extremo) y revestido por ramas (Foto 2-2).





*Foto 2-2: Pino de la familia de las Coníferas*

## **2.6. EDAD CORTE DE LA MADERA**

La madera debe ser obtenida de arboles ni muy viejos ni tampoco muy jóvenes y la edad de corte depende de la especie de madera. Dentro del corte de madera debe comprenderse que existen diversos factores como los aspectos económicos y los aspectos laborales.

Dentro de los aspectos laborales se debe tomar en cuenta los métodos mas apropiados para la explotación de la madera. Aquí influyen las características del árbol, la topografía del terreno, el clima y la accesibilidad.

En los aspectos económicos se encuentra el capital que se va a invertir en la explotación de la madera y se analiza los gastos versus las ganancias, entre mayor ganancia mayor explotación de la madera.

### 2.6.1. Edad de corte

Dependiendo de la especie de madera se realiza su corte, en la Tabla 2-1 se puede observar el desarrollo fisiológico del árbol en años. Este desarrollo fisiológico es la edad en la cual se puede empezar a realizar el corte de la madera.

Nombre común	Desarrollo fisiológico (años)	Comercial (m)
Caimitillo	25	0.75
Guayacán Pechice	25	0.6
Chanul	15	0.6
Moral fino	25	0.8
Eucalipto Globulus	15	1.5
Pituca	20	0.7
Fernansánchez	25	0.5
Mascarey	25	0.5
Sande	20	0.55

**Tabla 2-1. Desarrollo fisiológico de la madera**  
(Datos tomados de la Planificación Estratégica Bosques Nativos en el Ecuador)

Cortar la madera antes de esta edad es perjudicial y reduce los esfuerzos que resiste al árbol a las diferentes solicitaciones.

### 2.6.2. Temporada de corte

En árbol puede ser talado en cualquier estación del año, realmente no existe diferencia entre una estación a la otra en el proceso de corte, siempre y cuando se realice el proceso de secado de la madera que se hablara mas adelante.

### 2.6.3. Proceso de corte

Dentro de los procesos de corte se encuentra el apeo, poda y desmoche, descortezado, troceado. Estos temas se tratan mas adelante.

### **2.6.3.1. Apeo**

El apeo consiste en la acumulación de troncos de árboles frescos para su previo transporte. Generalmente los troncos se colocan al filo de camino para evitar un gasto excesivo en el rubro del transporte. Los troncos se acumulan en fajas de 20m de largo.

El rendimiento de corte por hombre es de 300 a 500 árboles por día, este rendimiento depende del diámetro del árbol.

### **2.6.3.2. Poda y desmoche**

En el proceso de poda se elimina todas las ramas finas, para dejar al tronco libre. Generalmente esta labor no representa mucho trabajo ya que solo un 10% de los troncos contienen dichas ramas en 2300 árboles por hectárea. El desmoche se realiza con el hacha o con una sierra. Estas dos operaciones se pueden realizar conjuntamente.

### **2.6.3.3. Descortezado**

El descortezado es la eliminación de la corteza de los arboles, los troncos deben ser descortezados antes del tratamiento de secado y preservación. Este proceso se lo puede realizar también mientras el árbol se encuentra aún en pie, arrancando la corteza hacia arriba. En este proceso se debe arrancar la corteza en el menor tiempo posible ya que si se espera mucho tiempo entre el corte y el descortezado provoca que la corteza se adhiera a la madera. El rendimiento de descortezado depende del diámetro del árbol: con árboles de 20cm de diámetro se puede realizar el descortezado entre 20 a 50 árboles por día y de 10cm de diámetro de 60 a 100 árboles por día.

#### **2.6.3.4. Troceado**

En este proceso se realiza el corte de la madera dependiendo de las exigencias de la industria; el corte puede ser en troncos limpios, tablones, cuarterones, duelas. Antes del troceado se debe marcar las zonas de corte para el óptimo aprovechamiento de la madera a lo largo del tronco y evitar de esta manera un desperdicio excesivo de la madera. El rendimiento del troceado está influenciado por el contenido de humedad de la madera, así pues para una madera verde vs madera seca puede haber una diferencia del rendimiento de hasta el 40%, como conclusión se puede decir que es más fácil realizar el troceado en madera verde.

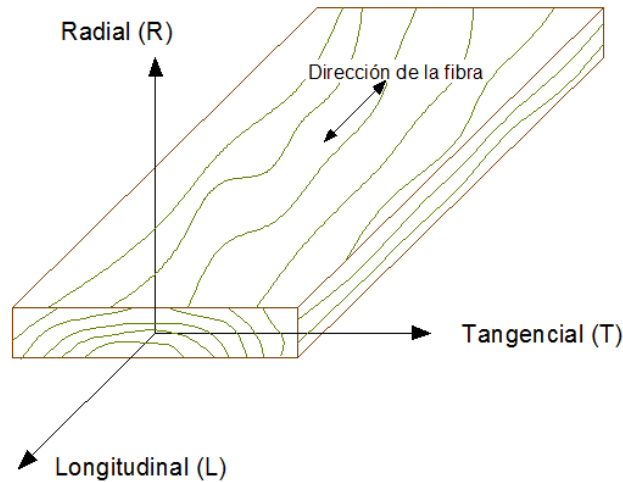
### **2.7. PROPIEDADES DE LA MADERA**

Existen numerosas propiedades de la madera pero para el uso estructural existen algunas que son de vital importancia, las propiedades físicas de la madera son aquellas que son intrínsecas de ella como: humedad, densidad, contracción, peso específico, coeficiente de fricción entre otras; además de estas características la madera tiene propiedades de resistencia y dentro de estas tenemos: flexión, compresión y corte, pero como la madera también posee la propiedad de ser un elemento ortotrópico (Fig. 2-5), la resistencia se ve afectada de acuerdo al plano de aplicación. Las propiedades elásticas de la madera son: módulo de elasticidad, módulo de rigidez, coeficiente de Poisson; estas propiedades son necesarias para describir el comportamiento elástico de la madera.

#### **2.7.1. Propiedad ortotrópica de la madera**

La madera puede ser descrita como un material ortotrópico o anisotrópico, en otras palabras que tiene propiedades mecánicas únicas e independientes en la dirección de sus tres ejes perpendiculares que son: longitudinal, radial y tangencial. El eje longitudinal "L" que es paralela a la fibra (grano), el eje radial "R"

que es normal a los anillos de crecimiento, perpendicular a la fibra en la dirección radial y el eje tangencial “T” que es perpendicular al grano pero tangente a los anillos de crecimiento. Estos ejes son indicados en la Fig. 2-5.



**Fig. 2-5. Ejes de la madera**

La madera se comporta de excelente forma cuando trabaja paralela al grano, la capacidad resistente de la madera que actúa en el eje longitudinal puede superar 20 veces la del sentido transversal.

### **2.7.2. Propiedades físicas**

Son propiedades físicas de la madera, las que se pueden determinar sin alterar la integridad de la muestra, es decir que se puede definir mediante ensayos de inspección, de peso, de medida o de secado.

Las propiedades físicas de mayor importancia en la madera son: aspecto exterior, olor, densidad, humedad.

#### **2.7.2.1. Aspecto exterior**

Dentro de estas propiedades se encuentran el color, brillo, textura.

### **Color**

El color en la madera se debe a las sustancias resinosas y colorantes que se encuentran en las cavidades de las células de la madera. Dependiendo de las condiciones climáticas el color en las maderas cambia, por ejemplo las maderas de clima cálido tienen un tono más vivo en comparación con las de clima templado. El color de la madera se pierde por diferentes factores, entre ellos se encuentra, la luz solar, la tala y hogos, como caso particular cuando la madera es expuesta directamente a la luz solar pierde su vivacidad adquiriendo un color grisáceo.

### **Brillo**

Es la capacidad de reflejar el flujo luminoso. El brillo de la madera depende de la su densidad, dimensiones y de la disposición de orientación de los granos de la madera. El brillo concede a la madera un aspecto atractivo y puede ser intensificado mediante el pulido, barnizado, encerado o mediante la aplicación de películas transparentes de resinas.

### **Textura**

La textura está relacionada con las huellas de los anillos de crecimiento. La textura se define por el ancho de los anillos de crecimiento, la disposición incorrecta de las fibras (onduladas o entrelazadas) y la diferencia del color de la madera temprana y tardía. La textura de la madera determina el valor final de esta, por ejemplo una pieza de Eucalipto Globulus es mucho más barata que una pieza de roble, con el roble se puede realizar acabados de lujo, este tipo de maderas se las conoce como maderas nobles y generalmente se las utiliza para la mueblería.

### **Olor**

El olor en la madera depende de las resinas, los aceites esenciales y otras sustancias que la madera contiene. El olor de la madera tiene una gran importancia en la fabricación de esencias. En estado recién cortado la madera tiene un olor más penetrante que después de la desecación. El duramen huele

mucho mas que la albura, por el olor de la madera se puede determinar algunas características, así se tiene que el Eucalipto Globulus tiene un olor característicos muy diferente del roble o el colorado.

### ***Densidad***

Dentro de la madera existen vacios u oquedades y si lográramos prensar la madera, el producto final sería una sustancia de madera sin poros. La densidad de la madera a consecuencia de los poros presenta una reducción de su densidad y resistencia. Además la densidad de la madera depende estrechamente de su contenido de humedad. Cuando se requiere determinar las propiedades físico-mecánicas de la madera los ensayos son realizados con un contenido de humedad del 12%.

Entre mayor contenido de humedad en la madera la densidad aumenta; la madera balsa con una humedad del 12% tiene una densidad de  $0.670\text{g/cm}^3$  y con una humedad del 25% se tiene  $0.710\text{g/cm}^3$ . La densidad de la madera formada en época de lluvia es de 2 a 3 veces mayor que la formada en la época seca. Como regla general entre mas densa es una madera mayor será su resistencia mecánica.

La mayoría de los textos calcula la densidad de la madera con un contenido de humedad del 12%, mediante esta hipótesis se tiene: maderas de baja densidad  $0.510\text{g/cm}^3$  o menos, especies de densidad media  $0.550\text{-}0.740\text{ g/cm}^3$ , especies de densidad alta  $0.750\text{g/cm}^3$  y más. La determinación de la densidad es suficientemente precisa para el cálculo de cargas. En la Tabla 2-2 se muestra la densidad de las principales maderas estructurales Ecuatorianas.

Nombre común	Densidad (T/m <sup>3</sup> )
Chanul	0.99
Guayacán Pechiche	0.87
Moral fino	0.87
Caoba	0.85
Pituca	0.83
Eucalipto Globulus	0.81
Fernansánchez	0.76
Bambú gigante	0.70
Caña Guadua	0.70
Seique	0.68
Mascarey	0.67
Eucalipto Grandis	0.59
Colorado	0.51
Sande	0.48

**Tabla 2-2: Principales maderas estructurales del Ecuador (Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

De acuerdo a la tabla 2-2 se puede agrupar a las especies madereras Ecuatorianas en 3 grupos, en la Tabla 2-3 se muestra esta agrupación.

Densidad (kg/m <sup>3</sup> )		
Baja 0.51 o menos	Media 0.55-0.74	Alta 0.75 y más
Sande	Seique	Moral fino
Colorado	Mascarey	Pituca
	Eucalipto Grandis	Eucalipto Glóbulos
	Caña Guadua	Chanul
		Guayacán Pechiche
		Caoba
		Fernansánchez

**Tabla 2-3: Agrupación de las maderas Ecuatorianas de acuerdo a su densidad**

Para que no exista confusión en el Ecuador existen dos especies de Eucalipto, el Globulus es el utilizado en la construcción y se encuentra principalmente en la Sierra ecuatoriana, mientras que el Grandis se localiza en las Costa de nuestro país.



### **Humedad**

El contenido de humedad en la madera se define como el peso de agua en la madera expresada como una fracción, usualmente en porcentaje del peso de la madera seca en horno. La masa, la contracción y otras propiedades dependen del contenido de humedad. La norma ASTM D4442 indica el procedimiento a seguir para determinar el contenido de humedad de la madera.

En los arboles, el contenido de humedad puede variar desde un 30% a más del 200% del peso de la sustancia de madera. En las coníferas, el contenido de humedad de la albura es generalmente superior que la del duramen. En maderas densas, la diferencia del contenido de humedad entre la albura y el duramen depende de la especie. Este tema será tratado con mayor detalle en el numeral 2.11.

### **2.7.3. Propiedades elásticas de la madera**

Doce son las constantes (nueve son independientes), se tiene: tres módulos de elasticidad E, tres módulos de rigidez G y seis coeficientes de Poisson. Los módulos de elasticidad y coeficientes de Poisson están relacionados por las expresiones de forma:

$$\frac{\mu_{ij}}{E_j} = \frac{\mu_{ji}}{E_j}, \quad i \neq j \quad i, j = L, R, T \quad \text{ecu. 2 - 1}$$

L=eje longitudinal

R=eje radial

T=eje tangencial

#### **2.7.3.1. Módulo de elasticidad**

La elasticidad implica que las deformaciones producidas por un esfuerzo bajo, son totalmente recuperables después que las cargas se quitan, Cuando los esfuerzos

alcanzan niveles muy altos, se produce una deformación total o la falla. Los tres módulos de elasticidad denominados  $E_L, E_R$  y  $E_T$ , representan los módulos de elasticidad en los tres ejes de la madera, longitudinal, radial, tangencial respectivamente. Existe gran bibliografía que determina el modulo de elasticidad  $E_L$  en la madera, pero generalmente los módulos  $E_R$  y  $E_T$ , se calculan en relación al modulo de elasticidad del eje longitudinal. Las relaciones elásticas varían entre especies de madera y contenido de humedad. En la Tabla 2-4 se muestra los valores de los módulos de elasticidad  $E_L$ .

Nombre común	E min (kg/cm <sup>2</sup> )	E prom (kg/cm <sup>2</sup> )
Caña Guadua	101020	121429
Chanul	109278	130690
Eucalipto Glóbulos	80867	113594
Guayacán Pechiche	86984	108919
Bambú gigante	80867	113594
Moral fino	91035	93103
Fernansánchez	79809	90090
Caoba	84480	87594
Pituca	83416	86866
Mascarey	70303	85578
Sande	54732	70414
Colorado	60350	69432
Eucalipto Grandis	49189	62154
Seique	26304	27597

**Tabla 2-4: Módulo de elasticidad**  
(Datos tomados de varias tesis de la ESPE)

### 2.7.3.2. Módulo de rigidez o de corte

El modulo de rigidez o modulo de corte indica la resistencia a la deformación de un miembro causada por tensiones tangenciales. Los tres módulos de rigidez son:  $G_{LR}, G_{LT}$  y  $G_{RT}$ , son las constantes elásticas en los planos LR, LT y RT, respectivamente. Por ejemplo,  $G_{LR}$  es el modulo de rigidez sobre la base de esfuerzo cortante en el plano LR. Al igual que los módulos de elasticidad, los

módulos de rigidez varían dentro de las especies, contenido de humedad y peso específico.

Este valor varía entre 1/16 a 1/25 del módulo de elasticidad.

### 2.7.3.3. Coeficiente de Poisson

Cuando un miembro de madera se carga axialmente, la deformación perpendicular a la dirección de la carga es proporcional a la deformación en la dirección paralela de la carga. El coeficiente de la deformación axial transversal se denomina Poisson. La relación de Poisson se denota por  $\mu_{LR}, \mu_{RL}, \mu_{LT}, \mu_{TL}, \mu_{RT}$  y  $\mu_{TR}$ . La primera letra del subíndice se refiere a la dirección de la tensión aplicada y el segundo a la deformación en la dirección lateral. Por ejemplo  $\mu_{LR}$  es la relación de poisson para la deformación a lo largo del eje radial causada por el esfuerzo a lo largo del eje longitudinal.

Generalmente el coeficiente de poisson esta entre 0.325 a 0.40.

## 2.8. ENSAYOS EN LA MADERA

Antes de presentar los resultados de las propiedades físico mecánicas encontradas en numerosos textos y tesis, es muy importante indicar que ensayos se realizan en las maderas para determinar dichas propiedades, las pruebas mas importantes son:

- Método de flexión estática
- Compresión paralela al grano
- Tenacidad
- Compresión perpendicular a la fibra
- Dureza

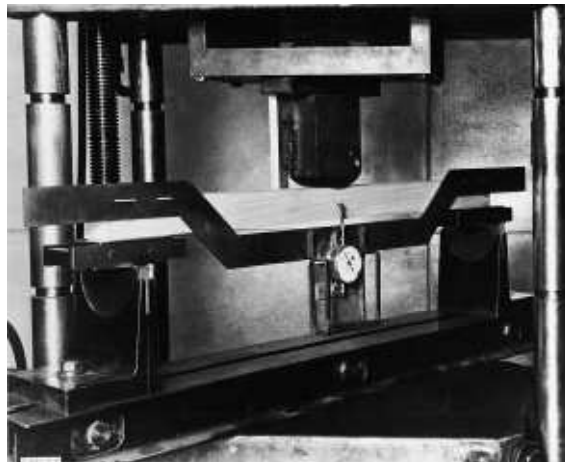
- Corte paralelo a la fibra
- Clivaje
- Tracción paralela a la fibra
- Tracción perpendicular a la fibra

Las propiedades mecánicas de la madera son obtenidas a partir de pequeñas piezas de madera “especímenes o probetas”, mediante la aplicación de alguna norma en particular, la explicación de las pruebas de laboratorio se utilizara la norma ASTM D143 (Método estándar para pequeños especímenes de madera). Estas probetas se las ensaya en estado verde o seco (humedad 12%).

Este método de prueba comprende la determinación de esfuerzos y diversas propiedades relacionadas con la madera con el uso de pequeñas probetas.

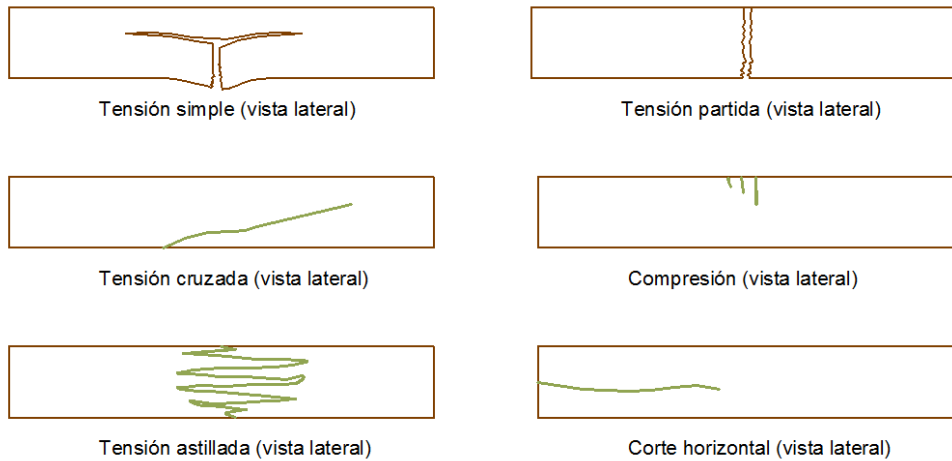
### 2.8.1 Flexión estática

Con este ensayo se determina la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada al centro de la luz. El tamaño de los especímenes es de 50x50x760mm y de 25x25x410.



**Foto 2-3: Ensamble para la prueba de flexión estática  
(Foto tomada de la norma ASTM D143)**

Este método de ensayo proporciona un procedimiento para evaluar la capacidad de carga vertical, la capacidad de momento torsional, y las características de flexión estática.



**Fig. 2-6. Fallas por tensión**

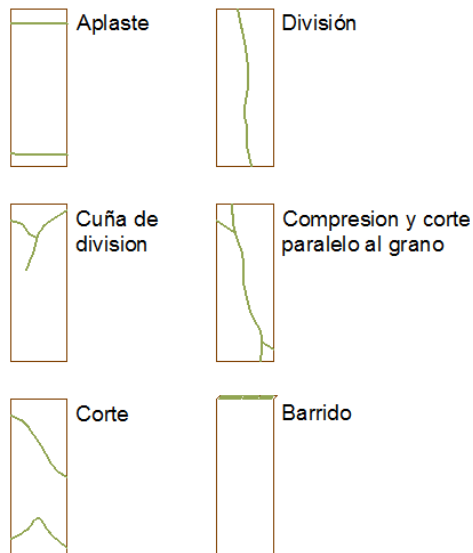
### 2.8.2. Compresión paralela al grano

Con este ensayo se determina la resistencia de la madera a una carga que es aplicada en dirección paralela al grano o fibra. Los especímenes son de 50x50x200mm y de 25x25x100.



**Foto 2-4: Ensamble para la prueba de compresión paralela a la fibra (Foto tomada de la norma ASTM D143)**

Se determina la carga de compresión vs la deformación a intervalos de 0.002mm, y su tipo de falla.

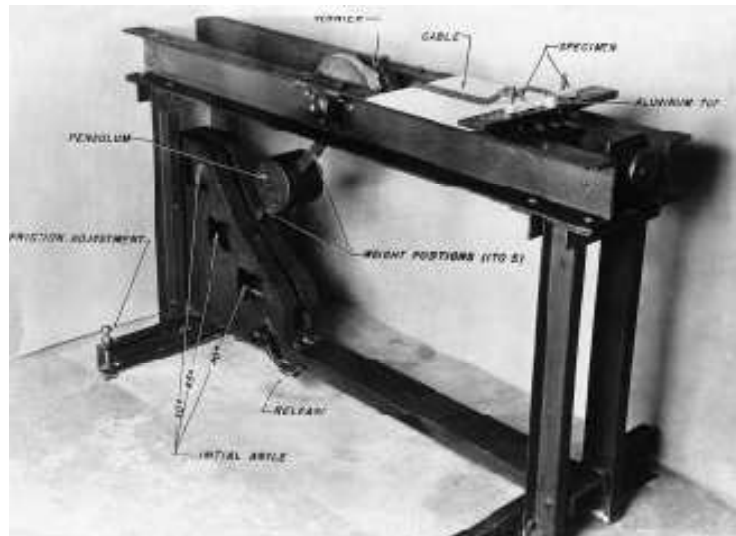


*Aplaste:* este término se utiliza cuando el plano de ruptura es aproximadamente horizontal  
*Cuña de división:* la dirección de la división que puede ser radial o tangencial, se debe notar  
*Corte:* este término se utiliza cuando el plano de ruptura forma un Angulo de más de 45° con la parte superior del espécimen  
*División:* este tipo de falla se produce en especímenes con defectos internos  
*Compresión y corte paralelo al grano:* esta falla se produce usualmente en piezas que tienen fibras internas cruzadas  
*Barrido:* esta falla es usualmente asociada con ya sea con un contenido de humedad en los extremos de la pieza, corte inadecuado o ambos. Esta falla no es aceptable y se la asocia con una reducción en la carga. Se debe tener mucho cuidado al ver este tipo de fallas

**Fig. 2-7. Tipos de fallas por compresión paralela al grano**

### 2.8.3. Tenacidad

Existen varios tipos de maquinas para determinar la tenacidad como la máquina de tenacidad, Izod y Amsler, pero la insuficiente información hace imposible determinar que maquina es superior a otra. La máquina de tenacidad utiliza un procedimiento estandarizado y de uso internacional. Esta prueba también se la conoce como la prueba de simple impacto y se la utiliza para determinar la capacidad que tiene la madera al absorber energía mediante la aplicación de simple impacto. Las dimensiones de los especímenes utilizados en esta prueba son de 20x20x280mm.



**Foto 2-5: Ensamble para el ensayo de tenacidad**  
(Foto tomada de la norma ASTM D143)

Para calcular la tenacidad se utiliza una maquina con un péndulo, para empezar la aplicación de la carga, se debe ajustar el cable de la maquina hasta una posición de 15° con respecto de la vertical. Elegir una posición del peso (carga) con un ángulo inicial del péndulo de 30, 45 o 60°, de modo que la falla se logre cuando el péndulo realice una vuelta completa. Se debe determinar el ángulo del cable al terminar la prueba, la mayoría de resultados satisfactorios se presentan cuando la diferencia entre el ángulo inicial y final es de 10°.

Para calcular la tenacidad se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$T = wL(\cos A_2 - \cos A_1) \quad \text{ecu. 2 - 2}$$

**Donde:**

T=tenacidad

w=peso del péndulo, N

L=la distancia desde el centro del eje de apoyos hasta el centro de gravedad del péndulo (m)

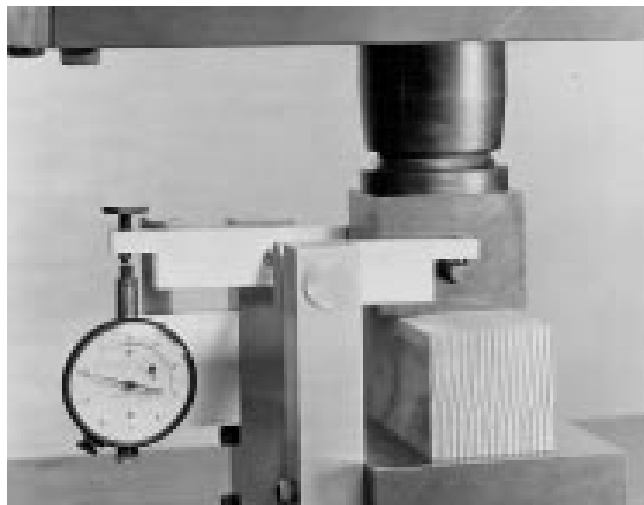
A1=ángulo inicial, grados

A<sub>2</sub>=ángulo final, grados

#### 2.8.4. Compresión perpendicular al grano

Esta prueba se realiza para determinar la capacidad de la madera ante la acción de una carga de compresión en el plano radial. El tamaño de los especímenes es de 50x50x150mm.

Para la aplicación de la carga, se debe contar con placas de apoyo, una arriba y la otra debajo de la muestra, estas placas deben tener un espesor de 50mm. La carga se aplicara de manera continua durante todo el ensayo a una velocidad de las cabezas de la máquina de 0.305mm por minuto  $\pm 25\%$ . Se determina la curva carga vs deformación a intervalos de 0.002mm, al igual que la prueba de compresión paralela a la fibra hay que definir el tipo de falla.



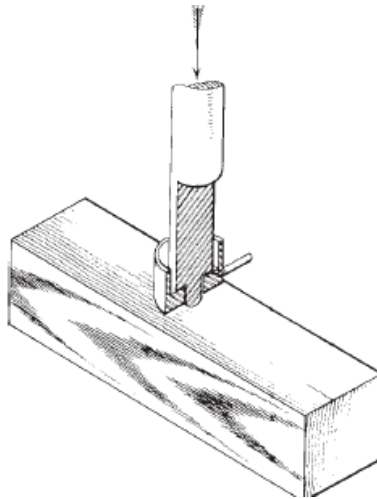
*Foto 2-6: Ensamble para el ensayo de compresión perpendicular a la fibra  
(Foto tomada de la norma ASTM D143)*

#### 2.8.5. Dureza

Esta prueba se utiliza para determinar la capacidad resistente de la madera a la penetración. El tamaño de los especímenes debe ser de 50x50x150mm. Para este ensayo se utiliza una punta en forma esférica de 11.3mm de diámetro, con esto se



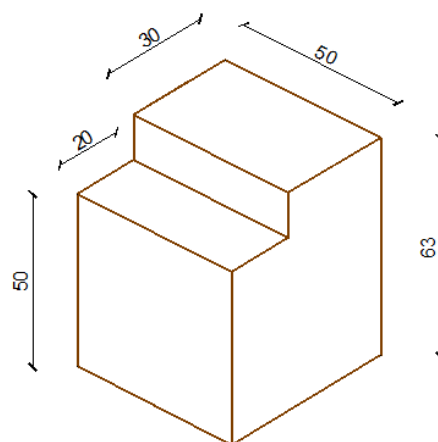
provoca que el área proyectada por la esfera sobre la madera después del ensayo sea de  $1\text{cm}^2$ . Se registra la carga cuando la esfera haya penetrado la mitad de su diámetro, mediante sensores de la maquina. Se deben realizar dos perforaciones, tanto para la superficie radial como la tangencial. La carga se aplicara de manera continua a una velocidad de descenso de  $6\text{mm}$  por minuto.



**Fig. 2-8. Esquema del ensayo de dureza (Figura tomada de la norma ASTM D143)**

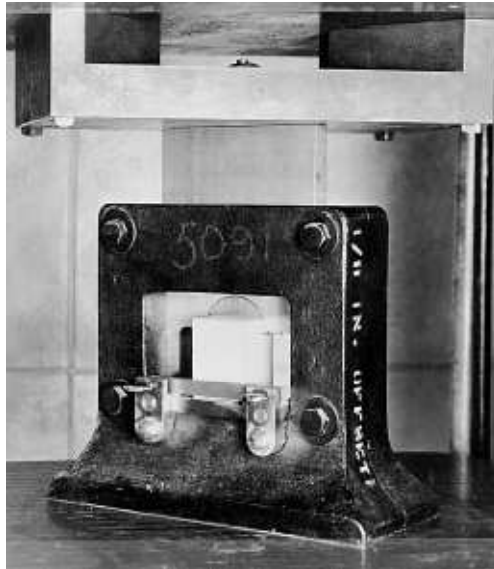
### 2.8.6. Corte paralelo a la fibra

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia de la madera al desplazamiento de dos partes del mismo espécimen. Las dimensiones del espécimen son irregulares y se muestran en la Fig. 2-9.



**Fig. 2-9. Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo a corte paralelo a las fibras**

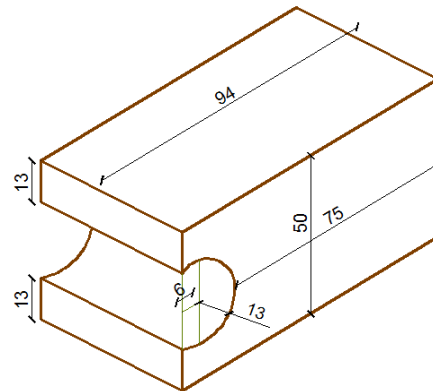
Se debe utilizar un aditamento de corte especial para permitir que una carga de compresión sea aplicada solamente sobre la cara que sobresale al cubo. La velocidad del ensayo debe ser de 0.6mm por minuto  $\pm 25\%$ , hasta que el espécimen falle. Se registra la carga máxima.



*Foto 2-7: Detalle del aditamento para el ensayo de de corte paralelo a la fibra  
(Foto tomada de la norma ASTM D143)*

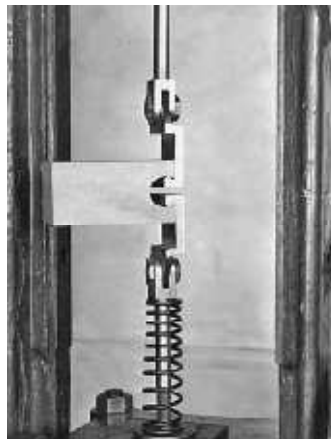
### 2.8.7. Clivaje

Esta prueba se utiliza para determinar la resistencia de la madera a la rajadura. Las dimensiones del espécimen se muestran en la Fig. 2-10.



**Fig. 2-10. Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo de clivaje**

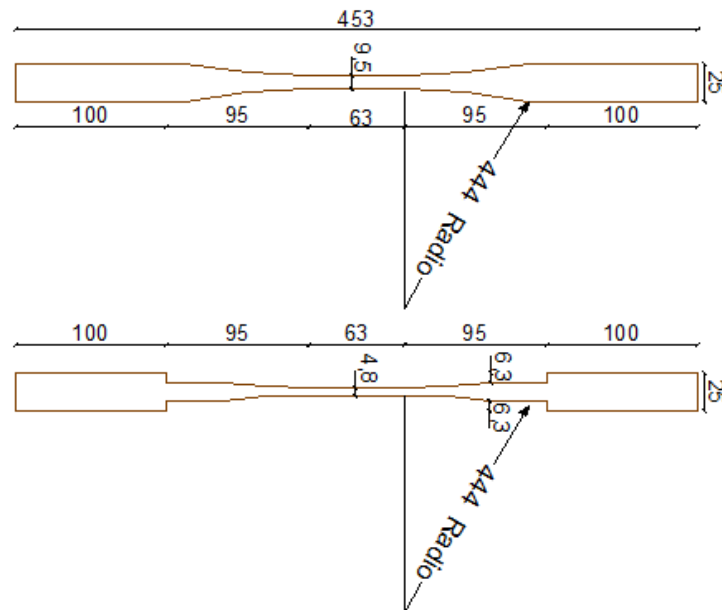
El ensayo se realizara en una maquina diseñada para este tipo de pruebas, en la Foto 2-8 se muestra el detalle de este equipo. La velocidad del ensayo será de 2.5mm por minuto  $\pm 25\%$ , se registrara la carga máxima y el tipo de falla producido.



**Foto 2-8: Detalle del ensamble para el ensayo de clivaje  
(Foto tomada de la norma ASTM D143)**

### **2.8.8. Tracción paralela a la fibra**

Se utiliza esta prueba para definir la resistencia máxima a la tracción de un espécimen de secciones determinadas. Las dimensiones de las probetas se muestran en la Fig. 2-11.



**Fig. 2-11. Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo de tracción paralela a la fibra**

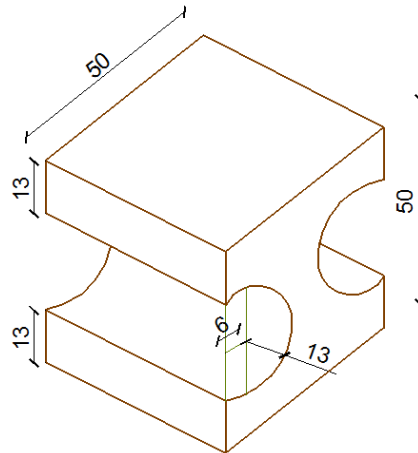
A estas probetas se las somete a una sollicitación de tracción, en la cual hay que medir la carga cada 0.002mm de deformación. La velocidad del ensayo debe ser de 1mm/min  $\pm$  25%, además hay que determinar el tipo de falla.



**Foto 2-9: Detalle del ensamble para el ensayo de tracción paralela a la fibra (Foto tomada de la norma ASTM D143)**

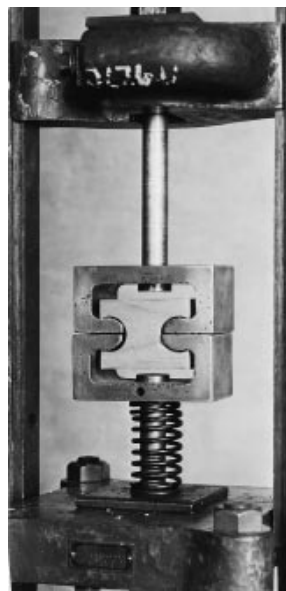
### 2.8.10. Tracción perpendicular a la fibra

Se utiliza esta prueba para definir la resistencia máxima a la tracción de un espécimen de secciones determinadas. Las dimensiones de las probetas se muestran en la Fig. 2-12.



**Fig. 2-12. Dimensiones (mm) del espécimen para el ensayo de tracción perpendicular a la fibra**

A estas probetas se las somete a una sollicitación de tracción, la velocidad del ensayo debe ser de 1mm/min  $\pm$  25%, además hay que determinar el tipo de falla.



**Foto 2-10: Detalle del ensamble para el ensayo de tracción perpendicular a la fibra (Foto tomada de la norma ASTM D143)**

## **2.9. PROPIEDADES MECÁNICAS**

Las propiedades mecánicas que se presentan en este capítulo fueron obtenidas mediante el ensayo de pequeñas piezas de madera, las cuales no contienen imperfecciones como nudos y divisiones.

Estas propiedades difieren de acuerdo al eje (Fig.2-5) donde se encuentre aplicada una sollicitación en especial, así se tiene valores desiguales para un mismo tipo de sollicitación, pero aplicadas en diferentes posiciones, esto se debe a la propiedad ortotrópica de la madera. Esta variabilidad de las propiedades, es común en la madera ya que es un material natural y el árbol está sujeto a muchas influencias de constante cambio como la humedad, condiciones del suelo y su crecimiento.

Muchos de los datos tabulados en esta parte del capítulo fueron obtenidos mediante análisis de laboratorio en la Escuela Politécnica del Ejército, otras propiedades fueron obtenidas de otros textos en cada Tabla se indica la referencia bibliográfica, en el caso de las tesis la información respectiva se encuentra en la bibliografía. Al final del ítem 2.10 se presenta un resumen de las propiedades mecánicas en Grupos de madera A, B y C. Los esfuerzos admisibles que se presentan a continuación son los determinados con un contenido de humedad del 30% y de esta manera asumiendo la condición mas desfavorable.

### **2.9.1. Grupos de maderas estructurales**

Dependiendo de las características de resistencia ante una sollicitación (tracción, compresión, corte y otras) y su densidad, las especies de maderas se agrupan en tres grandes Grupos, según el MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO (PADT-REFORT).

Grupo	Nombre común
A	Caimitillo
	Guayacán Pechice
B	Chanul
	Moral fino
	Pituca
	Eucalipto Globulus
	Colorado
C	Fernansánchez
	Mascarey
	Sande

**Tabla 2-5: Grupo de especies estructurales de maderas  
(Datos tomados del PADT REFORT)**

Algunos textos no consideran al Eucalipto Globulus dentro de un Grupo estructural ya que no pasa el control de calidad, el Eucalipto Globulus debido a sus propiedades intrínsecas al perder humedad se cuarteo, se comba o deforma, todos estos fenómenos hacen caer al Eucalipto Globulus fuera de maderas estructurales. Se han hecho una investigación en la ESPE y se ha determinado que esta madera se la puede considerar madera estructural, en el Capítulo 3 se indica una propuesta de clasificación estructural donde al Eucalipto Globulus se la coloca dentro de un grupo en particular.

En el Grupo A se encuentra maderas de mayor resistencia con densidades que fluctúan entre  $0.710$  a  $0.900\text{T/m}^3$  , las del Grupo B se las conoce como maderas de resistencia media con densidades de  $0.560$  a  $0.700\text{ T/m}^3$  y las del Grupo son las denominadas de menor resistencia con densidades de  $0.400$  a  $0.550\text{ T/m}^3$ .

### 2.9.2. Esfuerzos admisibles

Las propiedades mecánicas presentadas en las siguientes tablas, fueron determinadas en varios textos o estudios previos presentados como tesis de grado en la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE).

### 2.9.2.1. Flexión estática

La resistencia en vigas, depende de la sección del elemento. No existe datos investigados en la ESPE por este motivo se utilizara los cuadros del Manual de diseño para maderas del Grupo Andino (PADT REFORT).

Sección (cm)	Carga "Corte" (Kg)		
	Grupo A	Grupo B	Grupo C
4 x 6.5	260	208	139
4 x 9	360	288	192
6.5 x 9	560	448	300
4 x 14	585	468	312
4 x 16.5	680	528	252
4 x 19	760	608	405
9 x 14	960	768	512
4 x 24	1260	1008	672
9 x 19	1710	1368	912
14 x 19	2160	1728	1152
9 x 24	2610	2088	1392
9 x 29	2660	2128	1418
14 x 24	3360	2688	1792
14 x 29	4060	3248	2165

**Tabla 2-6: Resistencia al corte para secciones comerciales  
(Datos tomados del libro PADT-REFORT)**

### 2.9.2.2. Compresión paralela al grano

Este tipo de sollicitación es muy frecuente en las estructuras de madera y en la mayoría de los casos se encuentra en forma combinada por ejemplo flexo-compresión, para el caso de columnas.

En la ESPE existen cuatro Proyectos de Grado que han investigado este tipo de sollicitación, en la Tabla 2-7 se presentan los resultados de estas investigaciones:



Nombre común	$\sigma_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Bambú gigante	204.96
Caña Guadua	132.65
Moral fino	116.56
Chanul	109.31
Guayacán Pechiche	105.81
Caoba	101.26
Mascarey	81.11
Sande	79.12
Pituca	73.89
Fernansánchez	63.14
Colorado	56.11
Eucalipto Glóbulos	55.64
Seique	51.31
Eucalipto Grandis	45.93

**Tabla 2-7: Esfuerzo admisible a la compresión paralela a la fibra (Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

### 2.9.2.3. Compresión perpendicular a la fibra

Este tipo de carga representa del 20 al 25% de la capacidad de carga a compresión paralela a la fibra, en la Tabla 2-8.

Nombre común	$\sigma_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Chanul	112.89
Guayacán Pechiche	70.13
Bambú gigante	68.32
Caña Guadua	23.59
Moral fino	40.73
Caoba	33.97
Mascarey	33.33
Sande	26.88
Pituca	23.59
Fernansánchez	23.59
Colorado	22.28
Eucalipto Glóbulos	19.83
Seique	19.77
Eucalipto Grandis	16.61

**Tabla 2-8: Esfuerzo admisible a la compresión perpendicular a la fibra (Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

#### 2.9.2.4. Corte paralelo a la fibra

Este tipo de esfuerzo también es conocido como cizallamiento y se presentan en piezas sometidas a corte por flexión, al igual que en todos los tipos de cargas, la madera esta influenciada por su densidad y humedad.

Nombre común	$\sigma_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Caña Guadua	13.27
Chanul	28.24
Guayacán Pechiche	13.24
Mascarey	11.65
Bambú gigante	10.35
Eucalipto Glóbulos	10.35
Colorado	9.43
Sande	8.54
Moral fino	7.96
Caoba	6.65
Pituca	6.28
Seique	6.07
Fernansánchez	5.63
Eucalipto Grandis	5.46

**Tabla 2-9: Resistencia al corte paralelo a la fibra  
(Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

#### 2.9.2.5. Tracción paralela a la fibra

La madera se caracteriza por soportar mejor sollicitaciones a la tracción que a compresión, en algunas maderas se puede llegar a esfuerzos de 1700kg/cm<sup>2</sup> o mayores dependiendo de la densidad de la madera y su contenido de humedad, este esfuerzo es superado por la caña guadua.

Nombre común	$\sigma_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Sande	167.14
Seique	140.8
Moral fino	150.84
Pituca	82.98
Eucalipto Glóbulos	339.5
Eucalipto Grandis	179.52
Mascarey	192.77
Chanul	216.98
Guayacán Pechiche	472.07
Colorado	144.99
Caoba	177.53
Fernansánchez	139.5
Caña Guadua	363.57
Bambú gigante	198.24

**Tabla 2-10: Esfuerzo admisible a la tracción paralela a la fibra (Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

### 2.9.2.6. Tracción perpendicular a la fibra

Es la resistencia que presenta la madera a fuerzas de tracción que tienden a dividir al miembro.

Nombre común	$\sigma_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Caña Guadua	8.04
Guayacán Pechiche	9.84
Eucalipto Grandis	9.03
Eucalipto Glóbulos	8.53
Sande	8.04
Bambú gigante	9.03
Mascarey	7.82
Colorado	7.65
Chanul	7.41
Moral fino	6.26
Seique	6.15
Caoba	6.08
Pituca	5.38
Fernansánchez	5.21

**Tabla 2-11: Esfuerzo admisible a la tracción perpendicular a la fibra (Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

### 2.9.2.7. Esfuerzo admisible a flexión

Es la resistencia de una viga de madera a una carga puntual aplicada en el centro de la luz. En la Tabla 2-12 se presenta los datos de diferentes especies madereras.

Nombre común	$\sigma_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Caña Guadua	112.25
Guayacán Pechiche	152.81
Mascarey	122.46
Chanul	115.39
Bambú gigante	80.40
Fernansánchez	105.09
Caoba	85.89
Moral fino	83.92
Eucalipto Glóbulos	80.40
Pituca	68.27
Sande	60.73
Seique	55.33
Eucalipto Grandis	51.66
Colorado	41.29

**Tabla 2-12: Esfuerzo admisible a flexión  
(Datos tomados de varias tesis de la ESPE)**

### 2.10.3. Resumen de datos

Los esfuerzos admisibles de la madera a diferentes solicitaciones de carga se presentan en la Tabla 2-13. La Tabla 2-14 esta agrupada de acuerdo a la Tabla 2-6 que clasifica la madera en grupos estructurales.

Clasificación según PADT-REFORT	Nombre común	Esfuerzos admisibles en kg/cm <sup>2</sup>							
		Compresión		Tracción		Corte	Flexión	Emin	E prom
		paralela	perpendicular	paralela	perpendicular				
C	Sande	79.12	26.88	167.14	8.04	8.54	60.73	54732	70414
-	Seique	51.31	19.77	140.8	6.15	6.07	55.33	26304	27597
B	Moral fino	116.56	40.73	150.84	6.26	7.96	83.92	91035	93103
B	Pituca	73.89	23.59	82.98	5.38	6.28	78.27	83416	86866
B	Eucalipto Glóbulos	<b>55.64</b>	<b>19.83</b>	<b>339.5</b>	<b>8.53</b>	<b>10.35</b>	<b>80.4</b>	<b>80867</b>	<b>113594</b>
B	Eucalipto Grandis	<b>45.93</b>	<b>16.81</b>	<b>179.52</b>	<b>9.03</b>	<b>5.46</b>	<b>51.66</b>	<b>49189</b>	<b>62154</b>
C	Mascarey	81.11	33.33	192.77	7.82	11.65	122.46	70303	85578
B	Chanul	109.31	112.89	216.98	7.41	28.24	115.39	109278	130690
A	Guayacán Pechiche	105.81	70.13	472.07	9.84	13.24	152.81	86984	108919
B	Colorado	56.11	22.28	144.99	7.65	9.43	41.29	60350	69432
-	Caoba	101.26	33.97	177.53	6.08	6.65	85.89	84480	87594
C	Fernansánchez	63.14	23.59	139.5	5.21	5.63	105.09	79809	90090
-	Caña Guadua	132.65	44.21	363.57	12.12	13.27	112.25	101020	121429
-	Bambú gigante	204.96	68.32	198.24	7.93	11.1	114	91382	97766

**Tabla 2-13: Tabla de resumen esfuerzos admisibles**

Los valores que se encuentran en resaltados, no coinciden en los encontrados en las tesis “Propiedades Físico Mecánicas del Eucalipto Globulus y su aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el IASA I (Hecha en la ESPE)”, debido a que estos esfuerzos no fueron interpolados para un contenido de humedad del 30% como el resto de datos. En la Tabla 2-15 se encuentra el porcentaje de reducción de esfuerzos en función de la variación lineal en el contenido de humedad para cada tipo de sollicitación, se considera los esfuerzos admisibles para madera verde es decir para un %H=30%. Los resultados del bambú gigante fueron corregidos por factores de seguridad señalados en el

libro Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino y de igual manera igual manera interpolados para un contenido de humedad del 30%. Como se puede observar los esfuerzos admisibles de la Tabla 2-13 no coinciden con la clasificación estructural propuesta en el PADT-REFORT (Tabla 2-14), por esta razón en el capítulo 3 se presenta una nueva opción de clasificación de la madera en grupos estructurales.

Nombre común	Esfuerzos admisibles en kg/cm <sup>2</sup>							
	Compresión		Tracción		Corte	Flexión	E <sub>min</sub>	E <sub>prom</sub>
	paralela	perpendicular	paralela	perpendicular				
A	145	40	145	-	15	210	95000	130000
B	110	28	105	-	12	150	75000	100000
C	80	15	75	-	8	100	55000	90000

**Tabla 2-14: Tabla de resumen esfuerzos admisibles en grupos estructurales**

Propiedad	% Variación
Compresión paralela	4-5
Compresión perpendicular	4
Tracción paralela	3
Tracción perpendicular	3
Corte	3
Flexión	4
Modulo elasticidad	2
Extracción de clavos	3
Cizalle	1.6

**Tabla 2-15: Variación de las propiedades mecánicas para una variación unitaria en el contenido de humedad.**

## **2.9.4. Propiedades mecánicas menos comunes**

### **2.9.4.1. Resistencia a la torsión**

La resistencia a la torsión sobre el eje Longitudinal, para miembros de madera puede ser tomada como la resistencia al corte paralela a la fibra.

### **2.9.4.2. Dureza**

Es una medida de la resistencia que presenta la madera al desgaste y a la penetración de otros cuerpos. No es precisamente un esfuerzo mecánico, pero si es una propiedad medible a través de la utilización de una carga, es decir la resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por una esfera de acero que tiene un diámetro 1 cm.

La dureza está estrechamente relacionada con la densidad, a mayor densidad mayor dureza. Si la humedad es muy elevada la dureza disminuye, pero si la madera carece de humedad se vuelve muy frágil. Como la madera es un material blando cuya dureza es proporcional al cuadrado de la densidad, decayendo en proporción inversa con el grado de humedad.

### **2.9.4.3. Fatiga**

En ingeniería a la fatiga se define como el daño progresivo que se produce en un material sometido a cargas cíclicas. Esta carga se puede repetir siempre para un mismo estado de carga, es decir, solo a compresión o solo a tracción. Cuando las cargas son lo suficientemente altas y repetitivas, las cargas cíclicas de tensión pueden dar lugar a una falla por fatiga.

Es la resistencia a la falla de un espécimen de madera bajo combinaciones de cargas cíclicas (frecuencia y número de ciclos).

#### **2.9.4.4. Fractura por fatiga**

Es la capacidad que tiene para soportar los defectos que inician el fracaso. La medición de la tenacidad ayuda a identificar la longitud de las fallas críticas que inician el fracaso en los materiales. Hasta la presente actualidad no existe un método de prueba para determinar la tenacidad en la madera.

### **2.10. HUMEDAD EN LA MADERA**

El contenido de humedad de la madera es la cantidad de agua contenida en la madera. Todas las propiedades de la madera son afectadas en gran escala por las oscilaciones en el contenido de humedad.

La madera tiene agua en tres formas que son: agua libre, agua higroscópica y agua ligada. El agua libre y el agua higroscópica pueden ser eliminadas mediante un proceso de secado, mientras que el agua ligada forma parte de la estructura molecular de la madera.

#### **2.10.1. Relaciones del contenido de humedad**

Entre las relaciones mas importantes del contenido de humedad están el Punto de Saturación de la Fibra, el Equilibrio de Contenido de Humedad y la humedad máxima, estos dos temas se tratan mas adelante.

##### **2.10.1.1. Madera verde (humedad máxima)**

La humedad puede existir en la madera como agua líquida (agua libre) o vapor de agua en el lumen celular y en las cavidades, además como agua química (agua ligada) dentro de las paredes celulares.



La madera verde se define como la madera recién aserrada en la que sus paredes celulares están completamente saturadas con agua, sin embargo la madera verde contiene más agua en sus paredes celulares

La gravedad específica es el factor principal para el contenido de humedad máxima. El volumen de lumen disminuye a medida que aumenta la gravedad específica, así como también el contenido de humedad disminuye a medida que aumenta la gravedad específica, debido a que existen menos espacios disponibles para el agua libre.

El contenido máximo de humedad  $H_{max}$  puede ser calculada a partir de la densidad, donde  $G_e$  es la densidad (basado en el peso secado al horno y volumen verde) y  $1.54T/m^3$  es la densidad de las paredes celulares de la madera.

$$H_{max} = \frac{100(1.54 - G_e)}{1.54G_e} \quad \text{ecu. 2 - 2 (Tomada del texto Wood Handbook)}$$

Este contenido máximo de humedad es pocas veces alcanzada por los arboles. Sin embargo, el contenido de humedad “verde” puede ser muy alto en algunas especies en forma natural o cuando se encuentra periodos de inundación. En la Tabla 2-16 se muestra el contenido máximo posible en la madera de acuerdo a la Tabla 2-2.

Nombre común	%Hmax	Ge (T/m <sup>3</sup> )
Chanul	36.08	0.99
Moral fino	50.01	0.87
Guayacán Pechiche	50.01	0.87
Caoba	52.71	0.85
Pituca	55.55	0.83
Eucalipto Glóbulos	58.52	0.81
Fernansánchez	66.64	0.76
Caña Guadua	77.92	0.7
Bambú gigante	77.92	0.7
Seique	82.12	0.68
Mascarey	84.32	0.67
Eucalipto Grandis	104.56	0.59
Colorado	131.14	0.51
Sande	143.40	0.48

**Tabla 2-16: Máximo contenido de humedad posible**

Como se puede observar en la Tabla 2-16, las maderas más densas tienen un menor contenido de Hmax, así por ejemplo el Guayacán Pechiche tiene un Hmax de 50%, mientras que la especie Sande tiene un Hmax de 143.40%. Como conclusión se obtiene que a mayor densidad de la madera menor Hmax y viceversa.

#### **2.10.1.2. Punto de saturación de la fibra (PSF)**

Conceptualmente, el contenido de humedad en la que la humedad se encuentra solo en las paredes celulares y están completamente saturadas (agua ligada), pero no existe agua en las células del lumen es llamada punto de saturación, en otros términos es el contenido de humedad que tiene la madera cuando ha perdido la totalidad del agua libre y comienza a perder el agua higroscópica. Otra definición del PSF es la cantidad de agua que puede ser absorbida por la madera a través de la absorción de vapor de agua.

El punto de saturación de la fibra en promedio para la madera es de alrededor de un 30% de agua, pero en especies individuales y piezas individuales de madera puede variar este promedio en varios puntos porcentuales. El punto de saturación de la fibra también se considera a menudo como el contenido de humedad por debajo del cual las propiedades físico mecánicas de la madera comienzan a cambiar en función del contenido de humedad, además se producen los cambios dimensionales de la madera.

La cantidad de vapor de agua que puede absorber la madera depende de la humedad relativa (HR) del ambiente. Si la madera se almacena en cero de HR, el contenido de humedad con el tiempo llegará a 0%, mientras que si la madera se almacena en 100% de HR con el tiempo se llegará a la saturación de la fibra (aproximadamente un 30% de agua).

El valor de la Humedad Relativa en el Ecuador está en alrededor del 72%. En la Sierra la HR promedio (68%) puede ser un poco más baja que el de la Costa (77%) y el Oriente (81%).

### **2.10.1.3. Equilibrio del contenido de humedad**

El contenido de humedad inferior al punto de saturación de la fibra es una función a la vez de la humedad relativa y la temperatura del ambiente. El equilibrio del contenido de humedad (ECH) es definida como el contenido de humedad en el cual la madera no puede ganar ni perder humedad; una condición de equilibrio se puede lograr cuando la madera ha perdido parte del agua higroscópica hasta alcanzar un equilibrio con la temperatura y HR del ambiente. La relación entre ECH, HR y la temperatura es dada en la Tabla 2-17. Esta tabla puede ser empleada para cualquier especie de madera.

Como se mencionó anteriormente el contenido de humedad puede estar entre 0 al 30% dependiendo de la HR. El contenido de humedad está controlado por la HR y

cuando el contenido de humedad esta en equilibrio con la HR, la madera está en su contenido de humedad de equilibrio.

Esto rara vez sucede debido a que los cambios HR está casi siempre cambiando.

Temperatura		Contenido de humedad (%) en varios valores de humedad relativa																		
°C	°F	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
-1.1	30	1.4	2.6	3.7	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	12.4	13.5	14.9	16.5	18.5	21	24.3
4.4	40	1.4	2.6	3.7	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.4	11.3	12.3	13.5	14.9	16.5	18.5	21	24.3
10	50	1.4	2.6	3.6	4.6	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	12.3	13.4	14.8	16.4	18.4	20.9	24.3
15.6	60	1.3	2.5	3.6	4.6	5.4	6.2	7	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	12.1	13.3	14.6	16.2	18.2	20.7	24.1
21.1	70	1.3	2.5	3.5	4.5	5.4	6.2	6.9	7.7	8.5	9.2	10.1	11	12	13.1	14.4	16	17.9	20.5	23.9
26.7	80	1.3	2.4	3.5	4.4	5.3	6.1	6.8	7.6	8.3	9.1	9.9	10.8	11.7	12.9	14.2	15.7	17.7	20.2	23.6
32.2	90	1.2	2.3	3.4	4.3	5.1	5.9	6.7	7.4	8.1	8.9	9.7	10.5	11.5	12.6	13.9	15.4	17.3	19.8	23.3
37.8	100	1.2	2.3	3.3	4.2	5	5.8	6.5	7.2	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	12.3	13.6	15.1	17	19.5	22.9
43.3	110	1.1	2.2	3.2	4	4.9	5.6	6.3	7	7.7	8.4	9.2	10	11	12	13.2	14.7	16.6	19.1	22.4
48.9	120	1.1	2.1	3	3.9	4.7	5.4	6.1	6.8	7.5	8.2	8.9	9.7	10.6	11.7	12.9	14.4	16.2	18.6	22
54.4	130	1	2	2.9	3.7	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	8.1	8.7	9.4	10.3	11.3	12.5	14	15.8	18.2	21.5
60	140	0.9	1.9	2.8	3.6	4.3	5	5.7	6.3	7	7.8	8.4	9.1	10	11	12.1	13.6	15.3	17.7	21
65.6	150	0.9	1.8	2.6	3.4	4.1	4.8	5.5	6.1	6.7	7.4	8.1	8.8	9.7	10.6	11.8	13.1	14.9	17.2	20.4
71.1	160	0.8	1.6	2.4	3.2	3.9	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.5	9.3	10.3	11.4	12.7	14.4	16.7	19.9
76.7	170	0.7	1.5	2.3	3	3.7	4.3	4.9	5.6	6.2	6.8	7.4	8.2	9	9.9	11	12.3	14	16.2	19.3
82.2	180	0.7	1.4	2.1	2.8	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.1	7.8	8.6	9.5	10.5	11.8	13.5	15.7	18.7
87.8	190	0.6	1.3	1.9	2.6	3.2	3.8	4.4	5	5.5	6.1	6.8	7.5	8.2	9.1	10.1	11.4	13	15.1	18.1
93.3	200	0.5	1.1	1.7	2.4	3	3.5	4.1	4.6	5.2	5.8	6.4	7.1	7.8	8.7	9.7	10.9	12.5	14.6	17.5
98.9	210	0.5	1	1.6	2.1	2.7	3.2	3.8	4.3	4.9	5.4	6	7.1	7.4	8.3	9.2	10.4	12	15	16.9
104.4	220	0.4	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.5	5	5.6	6.7	7	7.8	8.8	9.9			
110	230	0.3	0.8	1.2	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.2	4.7	5.3	6.3	6.7						
115.6	240	0.3	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.6	3.1	3.5	4.1	4.6								
121.1	250	0.2	0.4	0.7	1	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9										
126.7	260	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4												
132.2	270	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4													

**Tabla 2-17: Contenido de humedad de la madera en equilibrio con temperatura y humedad relativa (Datos tomados del libro Wood Handbook)**

La Madera estructural que se encuentra en servicio se expone a tanto a largo plazo como a corto plazo a cambios de humedad relativa y a temperatura ambiente. Estos cambios generalmente son graduales y las fluctuaciones de corto plazo solo tienen a afectar la superficie de la madera. Los cambios del contenido de humedad se pueden retardar pero no impedir, por el revestimiento de lacas, pinturas o barniz. El objetivo del secado de la madera es llevar al cierre de la madera para un contenido de humedad determinado para que la madera sea puesta en servicio.

## **2.11. AGENTES DE BIODEGRADACIÓN DE LA MADERA**

Bajo las condiciones adecuadas la madera puede dar siglos de uso, siempre y cuando no existan las condiciones para la proliferación de microorganismos. Los principales organismos que pueden dañar la madera son los hongos, insectos y bacterias.

El moho es causado por hongos que encuentran en la madera un suministro excelente de alimento, su crecimiento depende de la temperatura adecuada, humedad y el oxígeno.

Los insectos también pueden dañar a la madera y en muchas ocasiones deben ser consideradas en las medidas de protección.

Las bacterias en la madera son generalmente de poca importancia, pero algunas pueden hacer que la madera sea excesivamente absorbente. Además las lagunas pueden ocasionar la pérdida de resistencia durante prolongados periodos de exposición.

El control de estos agentes de biodegradación en la madera será tratado con mayor profundidad más adelante.

### 2.11.1. Agentes biológicos

- Fuente de alimento para que subsistan los organismos vivos.
- Temperatura ideal, siendo esta alrededor de los 37° C. Los intervalos máximos de temperatura están entre los 3°C a 50°C.
- Humedad ideal para la existencia de hongos, siendo esta entre el 20% al 140%.
- Fuente de oxígeno necesaria para la existencia de microorganismos.

A continuación estudiaremos los principales organismos vivos que pueden afectar las propiedades de la madera.

#### 2.11.1.1 Hongos



Efectos de hongos en la madera

**Foto 2-11: Presencia Hongos en la Madera.**

#### ***Hongos Cromógenos***

Son aquellos que se alimentan de las células de la madera, no afectan a las propiedades físico-mecánicas de la madera. El efecto que causa la presencia de estos hongos es una decoloración de la madera.

#### ***Hongos de Pudrición***

Son aquellos que se alimentan de la pared celular de la madera, llegando a provocar la destrucción total de esta.

En el efecto de pudrición existen varios tipos de hongos que actúan en determinado intervalo de degradación.

- *Pudrición Blanca*

Es producida por hongos que se alimentan de la lignina (“La lignina es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales”), generando que la madera se rompa en fibras.

- *Pudrición Parda*

Es producida por hongos que se alimentan de la celulosa, produciendo que la madera se desgrane en cubos.

### 2.11.1.2. Mohos



**Foto 2-12: Presencia de Moho en la Madera.**

Son hongos con apariencia de algodón fino que se alimentan de materias almacenadas en el interior de las células de la madera (lumen), no producen degradaciones en la pared celular por lo que no afectan las propiedades físico-mecánicas. Si bien el moho no afecta las propiedades físico-mecánicas, el no eliminarlos oportunamente puede producir el crecimiento de hongos de pudrición. Para que existan la presencia de mohos es necesario que exista temperatura y humedad abundante.

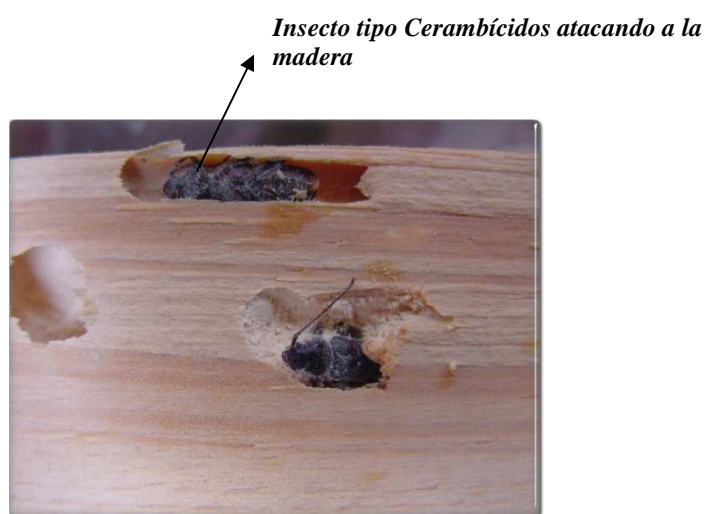


### 2.11.1.3 Insectos

Varios tipos de insectos utilizan la madera para su alimentación, su reproducción, es decir para desarrollar su ciclo de vida.

Los insectos se alimentan de la celulosa de la madera, también utilizan la madera como refugio abriendo galerías en la madera.

Entre los principales tipos de insectos tenemos.



**Foto 2-13: Insecto emergiendo en la superficie de la madera.**

#### ***Insectos coleópteros***

Estos pueden ser agrupados en tres categorías:

- Aquellos que requieren un contenido de humedad mayor al 20 % siendo los principales del tipo Cerambícidos, cuyas larvas se alimentan de almidón, azúcares.

Estos generalmente atacan a los árboles en pie, siendo pocos los casos de especies que atacan a la madera apilada.



**Foto 2-14: Insecto coleóptero Cerambícidos.**

- Insectos que atacan la madera parcialmente seca, con un contenido de humedad menor del 20%, donde la zona más afectada es la albura.

El grupo mas importante de estos insectos son los Lícidos, que se alimentan del almidón contenido en la pared celular generando agujeros de 1mm de diámetro, solo atacan a las latifoliadas.



**Foto 2-15: Insecto tipo Lícidos.**

- Finalmente existen los insectos que se alimentan de la madera totalmente seca, siendo estos de la familia de los Anóbidos mas conocidos como Carcomas que se alimentan de la lignina y celulosa.



*Foto 2-16: Insecto tipo Anóbidos.*

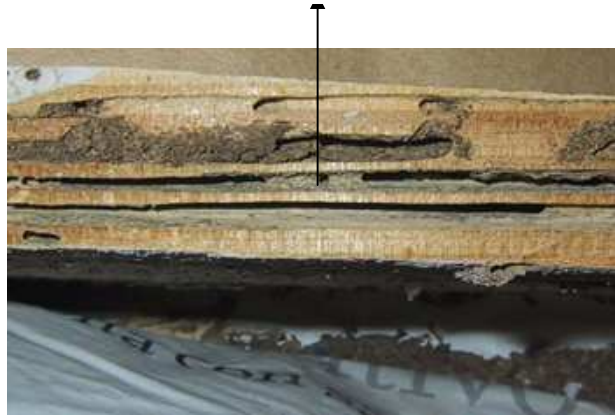
### **Termitas**

Este tipo de insectos es el que mas daño puede causar a la madera en los hogares. Se alimentan de la celulosa de la madera, la mayor parte de termitas son de climas tropicales y subtropicales. Su gran poder incluso las lleva a atravesar el hormigón para poder llegar a la madera.

Existen tres tipos de termitas que atacan a la madera.

- Las termitas subterráneas atacan a cualquier madera disponible, estas realizan túneles dentro de la madera pero sin que se note en la superficie lo que no delata la presencia de estas.
- Las termitas de madera húmeda necesitan de madera mojada, esta plaga en un problema para la madera de construcción recién cortada, se puede evitar este problema quitando la madera de la fuente de humedad.
- Las termitas de madera seca se caracterizan por atacar la madera extremadamente seca (5% a 6%). El daño en la madera son largos túneles a través de la madera.

*Túneles generados por termitas*



**Foto 2-17: Efectos de las termitas en la madera**

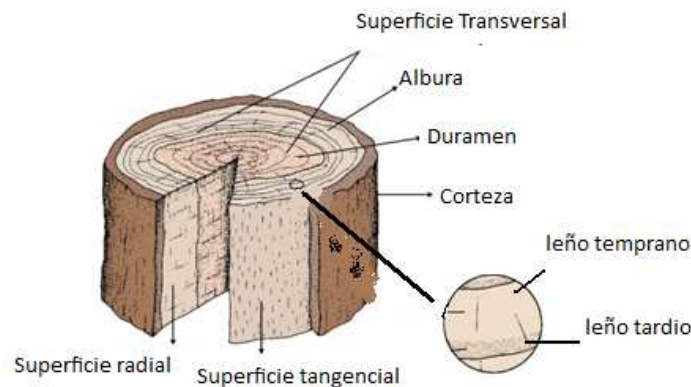
## 2.11.2. Agentes abióticos

### 2.11.2.1. Degradación por la luz

El espectro ultravioleta de la luz genera la descomposición de la celulosa de la madera provocando su degradación. Este efecto es lento, y no es progresivo ya que la madera se protege con los primeros milímetros afectados.

Este fenómeno se presenta entre el primer y séptimo año, y el grado de decoloración depende de la intensidad de radiación a que este expuesto.

La degradación por la luz afecta más a la albura que al duramen.



**Fig. 2-13: Corte transversal donde se identifica la albura y el duramen.**

### **2.11.2.2. Humedad atmosférica**

El daño que genera la humedad atmosférica en la madera es debido al cambio de dimensiones en las capas superficiales en la madera que se encuentran al aire libre. Cabe mencionar que los daños en la madera por humedad se dan si existen condiciones donde la humedad o sequía excedan de lo normal.

### **2.11.2.3. Fuego**

Este fenómeno sin lugar a duda es uno de los que más deterioros presentan en la madera, así como en cualquier otro material. El daño por el fuego en la madera depende de varios factores como:

- Contenido de humedad de la madera.
- Espesor de la pieza de la madera.
- Densidad de la madera (Tipo de madera).

#### ***Comportamiento de la madera ante el fuego***

El comportamiento de la madera ante el fuego es un tema muy complejo que bien valdría la pena dedicarle un capítulo entero para su entendimiento. Por tal motivo en este estudio analizaremos los aspectos más importantes.

La madera a pesar de ser considerada como un material combustible, es muy efectiva al ser utilizada en estructuras resistentes al fuego, debido a que la conductividad térmica de la madera es baja. Lo que genera que al interior de la madera no carbonizada los incrementos de temperatura y la reducción de las propiedades mecánicas sean moderados.

La exposición prolongada de la madera al fuego genera desprendimiento de gases inflamables (pirolisis), que genera carbonización superficial.



**Foto 2-18: Exposición de viga al fuego donde la superficie carbonizada sirve de aislante durante el incendio disminuyendo la velocidad de combustión en el interior.**

La temperatura de inflamabilidad en la madera rodea los 270°C, dependiendo también del tiempo que está en el fuego.

Hasta los 100°C la madera casi permanece intacta perdiendo un poco de vapor de agua.

De 100°C a los 275°C se desprenden gases de la madera como CO<sub>2</sub>, CO. Si la temperatura aumenta de los 275°C los gases se desprenden en abundancia, se disminuye la presencia de CO<sub>2</sub>, apareciendo los hidrocarburos, generando un cambio de color de la madera.

Por encima de los 350°C la presencia de gases disminuye, pero estos son combustibles.

La temperatura mínima de combustión de la madera rodea de los 400°C a los 500°C, siempre y cuando exista suficiente oxígeno para la combustión, y dependiendo del tipo de madera expuesta al fuego.



Foto 2-19: Secciones transversales residuales expuestas al fuego.

## 2.12. TRATAMIENTO DE LA MADERA

### 2.12.1 Introducción

La madera al igual que cualquier otro material de construcción está expuesta a varios factores que pueden comprometer su integridad, como el fuego, desgaste mecánico y al ser un elemento de origen orgánico puede sufrir el ataque de insectos, hongos. Por tal motivo se debe elegir el tipo de madera resistente a las condiciones que va a ser expuesta, y se deberá realizar los debidos tratamientos solo en el caso de que no se pueda utilizar el tipo de madera resistente a estos agentes.

La madera según su tipo tienen mayor o menor grado de resistencia biológica, así como su densidad es un indicador de su durabilidad, así por lo general las más densas son las más durables, pero existen muchas excepciones por lo que es necesario realizar un estudio exhaustivo de cada tipo de madera.

Con el objetivo de garantizar la vida útil de la madera, así como de la conservación de sus características es necesario darle acabados y tratamientos específicos a la madera, que dependerán del uso que se le piense dar, de las propiedades físico – mecánicas, del tipo de madera que se este utilizando, así como de las condiciones climáticas a las cuales va a estar expuesta.

El objetivo de la preservación de la madera es hacerla inmune a los ataques biológicos que pueda sufrir, es decir convertir a la madera en intolerable a organismos vivos, esto se logra mediante compuestos químicos puros, o una mezcla de estos, que logran la variación de la composición química de la madera.

### **2.12.2 Tipos de productos protectores**

Los productos protectores se clasifican según sus características.

#### **2.12.2.1 Por el tipo de perseverante**

Los perseverantes pueden ser compuestos químicos puros o una mezcla de compuestos. Por lo general son compuestos sólidos que necesitan de un solvente para penetrar en la madera. Se agrupan según el tipo de solvente: hidrosolubles y oleo solubles, según sea el tipo de liquido que necesitan para disolverse agua o aceite.

Los perseverantes que se emplean para proteger a la madera deben cumplir con varios requisitos como son: tener alto grado toxico para los insectos mas no para el hombre ni los animales, penetrar con facilidad en la madera sin dañar sus propiedades físico mecánicas, no producir corrosión con elementos metálicos, ser resistentes a altas temperaturas. Entre estos tenemos:



### **Creosota**

Son básicamente hidrocarburos aromáticos sólidos y líquidos, contiene grandes cantidades de ácidos y bases de alquitrán. Al ser la creosota una mezcla de compuestos, esta debe cumplir con normas técnicas para la correcta preservación de la madera.

### **Preservantes orgánicos**

Entre los principales tenemos:

*Pentaclorofenol:* Se obtiene de la reacción del cloro sobre el fenol, este preservante es insoluble en el agua, por lo que solo lo logra en aceites de petróleo de ebullición elevada. Es muy eficaz contra hongos e insectos xilófagos, la concentración más apropiada en solución de aceites es del 5 por ciento en peso. El Pentaclorofenol es muy tóxico por lo que hay que tomar todas las precauciones del caso como es trabajar con equipos de seguridad, evitar cualquier contacto con el producto.

*Naftenatos:* Son compuestos cerosos, los más comunes son de cobre y zinc, generalmente son comercializados como concentrados del 60% al 80% de Naftenatos metálicos, o de 6 a 8 por ciento de cobre o zinc como metales.

### **Persevantes hidrosolubles**

Los persevantes hidrosolubles son los más utilizados en el tratamiento de la madera ya que han demostrado ser muy eficaces. Entre los persevantes hidrosolubles tenemos: sal simple, sal doble y multisal tipo CCA y tipo CCB.

Las sales simples contienen productos de arsénico, cobre y otros, tienen una gran desventaja ya que son fáciles de diluirse con el agua, por lo que solo se recomienda para interiores y en cantidades muy pequeñas.

Las sales dobles son combinaciones de sales simples, que sirven para reforzar la actividad tóxica de las sales simples, están compuestas por cromo que les da la propiedad de no diluirse con el agua, lo que da origen a las multisales, a este tipo pertenecen los insecticidas y fungicidas.

Este tipo de preservantes utilizan el agua como solvente, no desprende olores y permite dar acabados a la madera.

Las multisales más efectivas para la preservación de la madera son las del grupo CCA (cobre-cromo-arsénico) y las del grupo CCB (cobre-cromo-boro), este último es el más aceptado en la actualidad por ser menos tóxico.

### **2.12.2.2 Por la protección que realizan**

#### ***Insecticidas***

Protegen a la madera contra la acción de insectos del tipo xilófagos, entre los que destacan las termitas.

#### **Fungicidas**

Su empleo sirve para proteger la madera del ataque de hongos xilófagos.

#### **Ignífugos o retardante del fuego**

Su función específica es convertir la madera de un material combustible a uno difícilmente combustible. Entre estos retardantes del fuego tenemos los que impiden que llegue oxígeno a la madera durante algunos minutos lo que impide la combustión.

#### **Protectores de la luz**

Estos fundamentalmente son pinturas con pigmentos metálicos que sellan la veta de la madera, oscureciéndola en algún grado.

### 2.12.2.3 Por la protección que desean lograr

#### ***Protección preventiva***

Evita que agentes destructores ataquen a la madera, entre los cuales tenemos:

- Efecto temporal.

Su eficacia preventiva se dan por un tiempo específico, son fundamentalmente los tratamientos superficiales como pinturas, el principal uso de este tipo de agentes son los que evitan las manchas en la madera.

- Efecto permanente.

El producto protector queda impregnado en la madera, independientemente de que sufra humedad o secado.

Este efecto se logra por métodos industriales como son el tratamiento de madera vacío-presión o vacío-vacío.

#### ***Protección curativa***

Esta acción se da cuando la madera ya ha sido atacada por diversos factores, por lo que se requiere eliminarlos. En el caso de hongos lo más aconsejable la simple exposición al sol. En el caso de insectos de ciclo larvario que viven en el interior de la madera es necesario introducir insecticidas ya sean líquidos o gaseosos para la eliminación de los insectos.

En el caso de termitas al no vivir en el interior de la madera su eliminación se complica, por lo que primero se tiene que ubicar el termitero para luego eliminarlo.

### 2.12.3 Métodos de preservación.

Los diferentes métodos de preservación requieren que la madera se encuentre en condiciones específicas según el tipo de tratamiento que se quiere realizar. Por ejemplo cuando se requiere introducir los preservantes en el interior de la madera

esta debe estar humedad, otros métodos requieren que la madera se encuentre seca es decir entre un 15% a 25% de humedad.

Se debe tener en cuenta que todos los cortes o perforaciones en la madera se deben realizar antes del tratamiento, para lograr un sellamiento del material.

Los métodos de preservación se pueden clasificar en tratamientos con presión y tratamientos sin presión.

### **2.12.3.1 Tratamientos sin presión.**

Entre los principales tenemos:

#### ***Brocha***

Es el método más simple y mas antiguo, brinda una protección temporal y muy limitada.

#### **Pulverización**

Este método consiste en aplicar superficialmente el agente preservador, el cual penetra en el interior de la madera por capilaridad.

Este método es muy limitado ya que la penetración del agente toxico es muy limitado.

#### **Inmersión**

Consiste en sumergir la madera en un liquido que contiene el agente preservador, el tiempo de inmersión puede ser corto o prolongado pero siempre a temperatura ambiental. Terminado el tratamiento se debe dejar secar antes de usar la madera.

El tiempo de inmersión depende del tipo de madera y mientras mas este inmersa mayor será la eficacia del tratamiento.

#### **Baño caliente y frío**

Este método consiste básicamente en sumergir la madera en baños sucesivos de preservador caliente y frío. El baño caliente genera la expulsión del aire de las capas superficiales de la madera y el evaporar la humedad de la superficie,

mientras que el baño frío hace que el aire y la humedad existentes en la superficie de la madera se contraigan generando un vacío parcial. El preservador se introduce en la madera en mayor cantidad durante el baño frío, la duración del baño caliente puede variar de 3 a 4 horas, mientras que el baño frío entre 6 a 8 horas, llegando a durar el procedimiento máximo 24 horas.

### **2.12.3.2 Tratamientos con presión**

Estos métodos tienen ventaja sobre los métodos de aplicación sin presión, ya que se puede conseguir una penetración más profunda y uniforme del preservante, logrando mayor protección de la madera.

Estos métodos consisten en aplicar el preservador en la madera bajo presiones distintas a la atmosférica, esto se logra dentro de una autoclave. Estos métodos son convenientes en cantidades industriales debido al alto costo de las instalaciones necesarias para aplicar este método. Entre los tratamientos bajo presión se diferencian los de célula llena y célula vacía.

#### ***Célula llena***

Consiste colocar la madera en un autoclave y aplicar un vacío inicial, luego se aplica la solución preservador hasta tener un lleno total. Luego se ejerce una presión hidráulica específica durante un tiempo necesario para lograr el efecto deseado.

Luego de terminar el proceso se drena el autoclave y se aplica un vacío final a la madera que limpia la superficie.

Para este proceso se aplica preservadores hidrosolubles que llenan las células de la madera.

#### ***Célula vacía***

En este proceso se diferencian dos procesos que son el Ruping y el Lowry. El primero consiste en colocar la carga en el autoclave e inyectar primero aire a

presión, luego con la misma presión se aplica la solución preservadora generalmente creosota, y se bombea hasta alcanzar la presión hidráulica especificada, luego se drena el líquido y se aplica la presión final.

El proceso Lowry es semejante al Ruping solo que al principio no se inyecta aire a presión, se emplea preservantes hidrosolubles y oleo solubles. En los procesos de célula vacía el preservador queda en las paredes celulares, pero sus cavidades quedan vacías.

## **CAPÍTULO 3**

### **MADERAS ESTRUCTURALES DEL ECUADOR**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador existen muchas especies de madera, algunas son utilizadas para la fabricación de muebles y otras para la construcción. Dentro de las maderas estructurales se encuentran las planteadas en este tema de tesis y otras, dependiendo de sus características físico-mecánicas estas maderas son agrupadas en grupos estructurales.

En este capítulo se tomara mucho énfasis en las maderas utilizadas en esta tesis y las otras maderas estructurales se presentara un resumen de sus propiedades mas importantes.

#### **3.2. NOMBRES CIENTÍFICOS DE LAS MADERAS ESTRUCTURALES**

En la Tabla 3-1 se presentan las maderas estructurales del Ecuador con su nombre científico y su nombre mas común.

Grupo	Nombre común	Nombre científico
A	Caimitillo	Chrisophyllum cainito
	Guayacán pechiche	Minuartia guianensis
B	Chanul	Humiriastrum procerum
	Moral fino	Chlorophora tinctora
	Eucalipto Globulus	Eucalipto Globulus
	Pituca	Clarisia racemosa
C	Fernansánchez	Triplaris guayaquilensis
	Mascarey	Hieronyma chocoensis
	Sande	Brosimum utile

**Tabla 3-1: Nombre científico de las maderas estructurales en Ecuador**  
(Datos tomados del libro PADT-REFORT)

Como se observa en la Tabla 3-1, los nombres científicos son muy complicados de pronunciar y escribir, dentro de ingeniería civil estos nombres no son muy significativos.

Cuando se requiere comprar madera generalmente se la pide por su nombre mas común, estos nombres comunes pueden variar dependiendo de la zona en la cual se ha comprado la madera; así por ejemplo en la Provincia Santo Domingo de los Colorados, al Brosimum utile se la conoce como Sande, mientras que en la Provincia del Napo es llamada comúnmente como Batea.

### 3.2.1. Guayacán pechiche



**Foto 3-1: Madera Guayacán Pechiche.**



Esta madera es la mas densas de todas y por tal motivo resiste mejor cualquier tipo de solicitaciones, sin embargo su precio en el mercado puede llegar a costar entre un 100 a un 200% mas que el Eucalipto Globulus. Otro inconveniente que presenta es que es una madera tropical y crece generalmente en bosques húmedos y de difícil acceso y es una de las maderas declaradas en posible peligro de extinción, debido al poco control Estatal.

Los bosques tropicales del Ecuador poco a poco se van perdiendo y en un futuro cercano no sorprendería que esta madera solo se la encuentre en zonas protegidas.

Esta madera generalmente no se la utiliza para la construcción y es conocida como una madera noble debido a su acabado al momento de realizar un mueble.

#### **3.2.1.1. Ubicación geográfica**

Esta madera es encontrada en:

- Santo Domingo de los Colorados (Bosque Toachi Pilatón)
- En todo el Oriente Ecuatoriano

Esta madera se demora 25 años hasta su desarrollo físico para su posible explotación.

En América Latina se extienden desde Honduras hasta Venezuela y en algunas localidades de México. En Ecuador este árbol ha sido plantado hasta alturas 700msnm, en climas mas húmedos que el de su hábitat, pero siempre con estación seca aunque corta pero no muy intensa.

#### **3.2.1.2. Condiciones medio ambientales**

Este árbol se desarrolla de excelente manera entre los 23 a 27°C de temperatura media y con una precipitación anual de 1000 a 2000 milímetros o más, siempre y

cuando la estación seca no supere los dos meses. Los suelos ideales para su crecimiento son aquellos que presentan bastante fertilidad, aireados y drenados.

### 3.2.1.3. Taxonomía

**Nombre común:** Guayacán Pechiche (Ecuador); Cari (Bolivia); punte candado, guayacán negro, minche (Colombia); huacanpu (Perú)-arekuma (Venezuela); acariguara (Brasil); black manu (Costa Rica); Wuamanía (Guayana); manu (Nicaragua) y black manwood (Panamá).

**Nombre científico:** *Minquartia guianensis* Aubl.

**Familia:** Olacaceae

### 3.2.1.4. Morfología de la especie

#### Tamaño

Estos arboles son de gran tamaño pudiendo alcanzar alturas de 33 metros y con un diámetro de 60centímetros.

#### Copa

Tiene una copa amplia, con ramas cubiertas con bellos estrellados amarillentos. Estas ramas exhiben flores amarillas muy llamativas y por este motivo a este árbol se lo conoce también con el nombre de árbol de primavera.

#### Corteza

La corteza exterior es lisa y blancuzca en los arboles de menor edad, y marrón claro grisáceo y fisurada longitudinalmente en arboles maduras; en su parte interna es de color marrón claro, fibrosa.

#### Hojas

Sus hojas tienen entre 5 a 20 cm de largo y de 2 a 8 cm de ancho, de color verde claro mate.

### Flores

Este árbol tiene flores grandes, de 5 a 6 cm de largo y 5 de ancho, de color amarillo brillante, tubular y termina en 5 lobulios ligeramente desiguales.

### Frutos

Son en forma de capsulas, aplanados y oblongos en la sección transversal y 2 celdas que se abren por dos líneas para liberar muchas semillas.

### Semillas

Aplanadas, achatadas y bordeadas con un ala membranacea circular de 1.5 a 2 cm de largo. 1 kg contiene aproximadamente 20000 semillas.

#### 3.2.1.5. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-2 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas del Guayacán Pechiche.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	105.81
perpendicular	70.13
<b>Tracción</b>	
paralela	472.07
perpendicular	9.84
<b>Corte</b>	13.24
<b>Flexión</b>	534.93

**Tabla 3-2: Esfuerzos admisibles Guayacán Pechiche**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)

Para mas información acerca de los esfuerzos admisibles se puede revisar el Capítulo II.

### 3.2.2. Eucalipto Globulus



*Foto 3-2: Madera Eucalipto Globulus.*

El Eucalipto Globulus es una de las maderas de mayor uso en la construcción ya que cuenta con varias ventajas, que son:

- Rápido desarrollo del árbol para el corte
- Se cuenta con grandes plantaciones de este árbol
- Precio relativamente mas bajo cuando se la compara con una madera Tipo A y en algunas ocasiones con madera Tipo C, como es el caso del Fernansánchez.

#### 3.2.2.1. Ubicación geográfica

El Eucalipto Globulus es una especie introducida en 1865 en la Presidencia de Gabriel García Moreno, este árbol rápidamente se adapto a las condiciones climáticas de la Sierra Ecuatoriana.

Este árbol se lo encuentra en toda la Sierra ecuatoriana y fácilmente se lo halla hasta los 3800 msnm. Este árbol puede alcanzar alturas de hasta 100m y diámetros de hasta 2.50m

### 3.2.2.2. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-3 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas del Eucalipto Globulus.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	55.64
perpendicular	19.83
<b>Tracción</b>	
paralela	339.5
perpendicular	8.53
<b>Corte</b>	10.35
<b>Flexión</b>	80.4

*Tabla 3-3: Esfuerzos admisibles Eucalipto Globulus (Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)*

### 3.2.3. Fernansánchez



*Foto 3-3: Madera Fernansánchez.*

El Fernán Sánchez es un árbol de copa redonda, mediana de ramas huecas y anilladas en los nudos. El tronco es recto, cilíndrico y delgado, a veces con raíces bajas y redondas. La corteza externa es de color gris claro, de apariencia

escamosa. Se descortezza en tiras largas. La corteza interna es de color rosado claro y de sabor amargo.

La madera tiene un olor y sabor ausente o no distintivo, la albura es de color marrón muy pálido con transición gradual a duramen de color rosado cremoso, con vetas características de tonos marrón grisáceo

### 3.2.3.1. Ubicación geográfica

Esta especie maderable se encuentra distribuida desde México hasta Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En el Ecuador se distribuye desde la costa de Esmeraldas hasta la Provincia de El Oro y centro, norte y sur oriente del país, localizándose frecuentemente en bosque explotado en altitudes de 100 a 1,000 m. Se desarrolla en bosque húmedo tropical y premontano.

### 3.2.3.2. Propiedades mecánicas

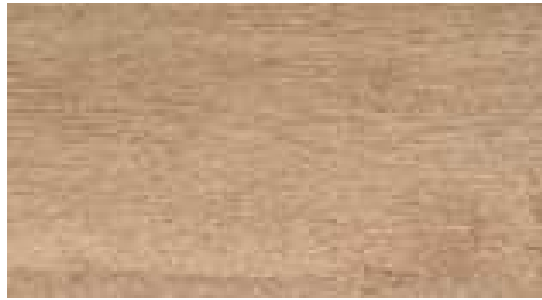
En la Tabla 3-4 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas del Eucalipto Globulus.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	63.14
perpendicular	23.59
<b>Tracción</b>	
paralela	139.5
perpendicular	5.21
<b>Corte</b>	5.63
<b>Flexión</b>	105.09

**Tabla 3-4: Esfuerzos admisibles Fernansánchez**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)

### 3.3. OTRAS MADERAS ESTRUCTURALES

#### 3.3.1. Chanul.



*Foto 3-4: Madera Chanul.*

##### 3.3.1.1 Generalidades

Su nombre científico es *Humiriastrum procerum*, pertenece a la familia Humiriaceae. Este tipo de árbol solo ha sido registrado en los bosques del Pacífico de Colombia y Ecuador. Puede alcanzar hasta 40 metros de altura y un diámetro de 60 a 80 cm, su tronco es recto y cilíndrico.

Tiene una corteza externa de color café rojizo, de textura delgada mientras que su corteza interior es de color rojizo claro y de textura fibro-vidriosa. Las características físicas de esta madera son las siguientes: tiene un veteado suave, con bandas longitudinales de color marrón, su albura es de color rosado llegando a un duramen de color marrón rojizo.

El chanul tiene gran variedad de usos tanto en construcciones pesadas, vigas, viguetas, pisos, parquet. Presenta gran dificultad trabajar con esta madera ya que presenta gran cantidad de cristales de sílice que posee su estructura.

### 3.3.1.2 Ubicación geográfica

El chanul crece de forma esporádica sobre colinas en bosques húmedos y muy húmedos tropicales. Se adapta en suelos de tierra firme con precipitaciones anuales de no menores a 4000 mm. En el Ecuador esta especie crece en la Amazonia generalmente en Napo y Morona Santiago, y en la costa en Esmeraldas, Manabí y Los Ríos.

### 3.3.1.3. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-5 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas del Chanul.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	109.31
perpendicular	112.89
<b>Tracción</b>	
paralela	216.98
perpendicular	7.41
<b>Corte</b>	28.24
<b>Flexión</b>	115.39

**Tabla 3-5: Esfuerzos admisibles Chanul.**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)



### 3.3.2. Roble



*Foto 3-5: Madera Roble.*

#### 3.3.2.1 Generalidades

Su nombre científico es *Quercus robur* L, pertenece a la familia Fagáceas. Es un árbol robusto en el cual su tronco puede crecer hasta 15 metros sin ramificarse. Su altura puede llegar hasta los 45 m. Su crecimiento es lento, pero en condiciones óptimas puede ser más rápido. Cuando el árbol es joven su corteza es grisácea y lisa, pero llega a tener una corteza resquebrajada con grietas profundas.

Su madera es dura de gran densidad entre  $0.77 \text{ g/cm}^3$  y  $0.99 \text{ g/cm}^3$ . Su albura es de color amarillo claro muy delgado mientras su duramen de gran espesor es de color pardo oscuro, muy resistente a la pudrición en cortes transversales.

Su madera es muy apreciada tanto para la construcción de embarcaciones, durmientes para ferrocarril y para la construcción en general.

#### 3.3.2.2 Ubicación geográfica

El roble es nativo de Centro América, en Sur América esta especie se encuentra en Venezuela, Colombia y Ecuador.

### 3.3.3. Moral fino



*Foto 3-6: Madera Moral Fino.*

#### 3.3.3.1 Generalidades

Su nombre científico es *Chlorophora tinctoria*, esta especie tiene la madera dura con excelentes cualidades, es resistente al ataque de termitas y esta considerada como una de las mejores maderas en el mercado internacional.

La explotación de esta especie en el Ecuador está parcialmente restringida ya que es una especie de poca abundancia y que no se regenera fácilmente. Tiene un tronco recto y cilíndrico, llegando a una altura de 20 a 30 metros, con un diámetro de 1 metro aproximado. Su corteza tiene un color marrón oscuro, llegando a un amarillo intenso en su parte interior.

#### 3.3.3.2. Ubicación geográfica

El Moral Fino se da en zonas semiáridas a húmedas tropicales, sobre el nivel del mar llegando hasta los 500 m.s.n.m. En nuestro país se lo encuentra en las provincias Los Ríos, Cotopaxi en la zona de La Mana y Pangua, y en Esmeraldas.

### 3.3.3.3. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-6 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas del Moral Fino.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	116.56
perpendicular	40.73
<b>Tracción</b>	
paralela	150.89
perpendicular	6.26
<b>Corte</b>	7.96
<b>Flexión</b>	83.92

**Tabla 3-6: Esfuerzos admisibles Moral Fino.**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)

### 3.3.4. Pituca.



**Foto 3-7: Madera Pituca.**

#### 3.3.4.1 Generalidades

Su nombre científico es *Clarisia racemosa*, pertenece a la familia Moraceae.

La Pituca es un árbol de tallo recto cilíndrico que puede alcanzar una altura de hasta 40 m con un diámetro de hasta 45 cm. Su corteza externa es de color rojo intenso de textura compacta con lenticelas conspicuas dispuestas en filas

longitudinales, su corteza interior es de color blanco amarillento que genera un látex de color blanco y sabor amargo.

Esta característica hace a la madera poco trabajable si no se encuentra seca. La albura es de color blanco mientras que el duramen es de color amarillo dorado cuando es recién cortado llegando a un amarillo oscuro, con brillo medio. Grano de recto ha entrecruzado, de textura mediana.

Su uso se da principalmente en construcciones civiles, interiores, durmientes, carpintería hasta para elaboración de embarcaciones.

### 3.3.4.2 Ubicación geográfica

Esta especie se da en los bosques húmedos tropicales, en nuestro país se dan en las provincias de Los Ríos, Cotopaxi (La Mana, Pangua), Esmeraldas que es la mayor zona de producción.

### 3.3.4.3. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-7 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas de la Pituca.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	73.89
perpendicular	23.59
<b>Tracción</b>	
paralela	82.98
perpendicular	5.38
<b>Corte</b>	6.28
<b>Flexión</b>	78.27

**Tabla 3-7: Esfuerzos admisibles Pituca.**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)

### 3.3.5. Sande



*Foto 3-8: Madera Sande.*

#### 3.3.5.1 Generalidades

Su nombre científico es *Brosimum Utile*, pertenece a la familia Moraceae. Es un árbol que puede alcanzar una altura de hasta 35 m, con un diámetro de hasta 1.5 m. Posee un tronco recto cilíndrico, su corteza exterior es delgada y de color gris verdoso de textura lisa finamente agrietada con lenticelas medianas dispuestas en filas longitudinales. Su corteza interna es de color naranja que secreta un látex blanco y pegajoso.

Su albura es de color blanco rosáceo, mientras que su duramen es de color marrón muy pálido, de un brillo medio. Tiene un grano recto a ligeramente entrecruzado de textura gruesa y veteado poco pronunciado.

Seca rápidamente al ambiente, presentando deformaciones, rajaduras leves y defectos de la mancha azul. Se recomienda aplicar métodos de secado como lo indica el Manual de diseño para madera del grupo andino (PADT REFORT).

Para su preservación es recomendable el método de vacío y presión e inmersión, teniendo una retención superior de  $200 \text{ kg/m}^3$  y una penetración total.

Presenta poca resistencia a los ataques de hongos e insectos, por lo que no se recomienda su uso en exteriores.

El uso de esta madera es generalmente para mueble, chapas de triplex, encofrados

### 3.3.5.2 Ubicación geográfica

Esta especie en bosques húmedos tropicales, en suelos periódicamente inundados. Se encuentra en países como Costa Rica, Venezuela, Brasil, Perú y en Ecuador.

### 3.3.5.3. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-8 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas de la Pituca.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	79.12
perpendicular	26.88
<b>Tracción</b>	
paralela	167.14
perpendicular	8.04
<b>Corte</b>	8.54
<b>Flexión</b>	60.73

**Tabla 3-8: Esfuerzos admisibles Sande.**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)

### 3.3.6. Mascarey.



*Foto 3-9: Madera Mascarey.*

#### 3.3.6.1 Generalidades

Su nombre científico es *Hyeronima alchorneoides* Allem, pertenece a la familia Euphorbiaceae.

Es una madera de color café rojizo, de superficie opaca con textura de media a gruesa, grano entrecruzado y un veteado pronunciado, tiene una densidad de  $0.63 \text{ g/cm}^3$ .

Esta madera es moderadamente difícil de secar ya sea al aire libre o en horno, para evitar deformaciones en el secado al aire libre se recomienda secar bajo techo y con peso encima.

Es moderadamente fácil de trabajarla a mano, se puede dar buenos acabados, aunque es muy difícil de clavar por lo que hay que taladrar antes de clavar. Es una madera muy durable que resiste al ataque de hongos y termitas. Sus usos se dan generalmente en la carpintería.

### 3.3.6.2 Ubicación geográfica

Esta especie crece a través de Centro América, y en Sur América en países como Colombia, Brasil, Ecuador y Perú.

### 3.3.6.3. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-9 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas de la Pituca.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	81.11
perpendicular	33.33
<b>Tracción</b>	
paralela	192.77
perpendicular	7.82
<b>Corte</b>	11.65
<b>Flexión</b>	122.46

*Tabla 3-9: Esfuerzos admisibles Mascarey.  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)*



### 3.3.7. Caña guadua

#### 3.3.7.1. Definición

La caña guadua es una planta leñosa arborescente perteneciente a la familia Poaceae y a la Tribu Bambuseae. En el año de 1820 el botánico Kunht incluyó el género de guadua del Ecuador y Colombia definiéndola con el nombre científico *Guadua Angustifolia* Kunht.



**Foto 3.10: Planta de la caña guadua Ecuatoriana**

Alrededor del mundo existen alrededor de 1500 especies de bambú entre leños y herbáceos que se distribuyen de la siguiente manera 63% de las especies en Asia, 32% en América y un 5% entre Oceanía y África.

La Guadua, como planta está conformada con su respectiva estructural y sistemas de ejes vegetativos segmentados y formados por nudos y entre los nudos contiene rizoma tallo o culmo, ramas y hojas.

### 3.3.7.2. Morfología

#### ***Raíces***

Las dimensiones de las raíces de la guadua dependen del tipo de suelo en que se encuentre, pero generalmente su grosor es de 5 milímetros y pueden profundizarse hasta el 1.50m, una parte de las raíces se profundizan y las demás se extienden en forma horizontal.

#### ***Rizoma***

El rizoma es el órgano almacenador de nutrientes y es el encargado de la reproducción de la planta.



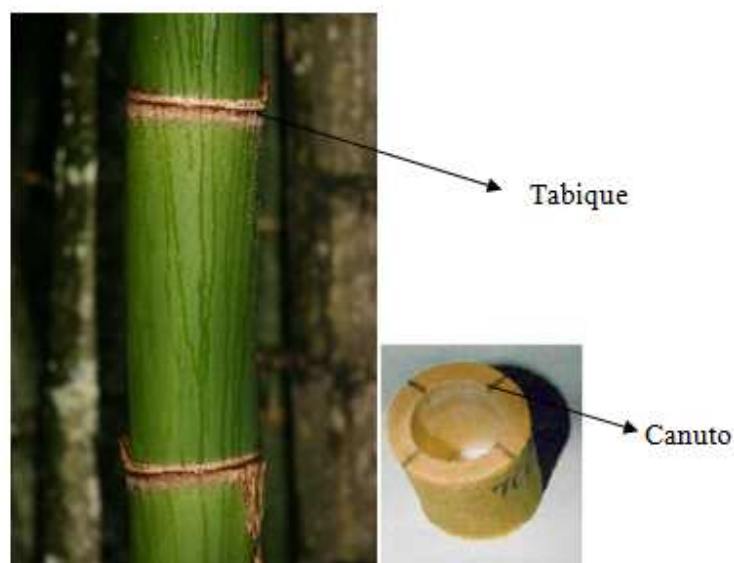
**Foto 3.11: Rizomas de la guadua**

Es muy difícil obtener la semilla porque su floración se produce entre los 30 y 100 años y además el 95% de su floración es infértil. La semilla de la guadua que es muy similar a un grano de arroz. Por este motivo es necesario obtener rizomas completos, de varios años de edad, que aun no tengan yemas desarrolladas, después del cultivo el primer brote aparece al mes de sembrado.

### **Tallo**

Dentro de la ingeniería civil el tallo de la guadua es la parte mas importante de dicha planta, ya que esta se emplea en la construcción.

Su forma es cilíndrica con entrenudos huecos llamados canutos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le dan mayor rigidez, flexibilidad y resistencia.



**Foto 3.12: Tallo de la guadua**

El tallo de la caña guadua esta constituida por fibras longitudinales. Dependiendo de la especie su altura puede llegar hasta los 40 metros y con un diámetro desde 8 a 18 cm.

### **Hojas**

Las hojas son de color verde, de forma larga pero angosta, que hacen de fácil reconocimiento a la especie.



**Foto 3.13: Hojas de la caña guadua**

Además de estas hojas existen otras hojas denominadas Caulinares (ver figura 3-4), que están presentes en el tallo desde su nacimiento hasta su madurez, son de color café y provistas de pelusa, las cuales son el sistema de defensa de la planta.

### 3.3.7.3. Propiedades mecánicas

En la Tabla 3-10 se encuentra un resumen de las propiedades mecánicas de la Pituca.

SOLICITACIÓN	ESFUERZO ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>Compresión</b>	
paralela	132.65
perpendicular	44.21
<b>Tracción</b>	
paralela	363.57
perpendicular	12.12
<b>Corte</b>	13.27
<b>Flexión</b>	112.25

**Tabla 3-10: Esfuerzos admisibles Caña Guadua.**  
(Datos tomados de varias Tesis de la ESPE)

### 3.4. MADERAS NO ESTRUCTURALES

#### 3.4.1 Maderas para encofrados

Debido a las características de la madera como su bajo peso en relación a su resistencia, su ductilidad, su facilidad para trabajarla la hacen ideal para el uso en encofrados.

Estudios realizados en el país indican que casi un 14% de la deforestación de los bosques se destinan a la elaboración de paneles para encofrados.

Las maderas que se utilizan para encofrados presentan desventajas como son: mínima utilización del encofrado, es decir no se aplican métodos de preservación y cuidado para los encofrados, se presentan desperdicios de alrededor un 30%.



**Foto 3-14: Desperdicio de encofrado en obra.**

Esto representa un gran porcentaje en los costos de construcción, por lo que se hace necesario encontrar métodos para el correcto uso de encofrados, así como para su reutilización logrando así reducir los costos y aun mas importante reducir la deforestación de los bosques.

El rubro de encofrado presenta grandes problemas en obra como son: al extraer la materia prima no existe mano de obra calificada ni técnicas adecuadas para preservar la madera, otro gran problema es que la madera para encofrado tiene un

bajo costo de venta ya que es madera residual de bosques talados para la ganadería por lo que no existen técnicas ni métodos adecuados para su obtención.

Para evitar la tala discriminada de bosques para la obtención de madera para encofrados se debería hacer uso de nuevas tecnologías como es el uso de contrachapados que su costo puede ser hasta 10 veces más que el encofrado tradicional, también se la puede reutilizar siempre y cuando se tenga el debido cuidado de los tableros.

La finalidad del encofrado es vital para la construcción, ya que debe soportar las cargas del hormigón fresco, del acero de refuerzo, cargas vivas durante la construcción. El encofrado esta compuesto de dos elementos fundamentales que deben soportar las cargas antes mencionadas como son el apuntalamiento y el molde.



**Foto 3-15: Elementos del Encofrado.**

### **3.4.1.1. Encofrado tradicional de madera**

El encofrado tradicional se realiza con madera aserrada o de monte, para lo cual se utiliza madera de baja densidad por lo general  $0.30$  a  $0.35 \text{ gr/cm}^3$ .

Las especies mas utilizadas son por lo general las siguientes:



Cedro Blanco, Aguacatillo, Sajo, Tangama, Laurel, Sande.

Las dimensiones mas utilizadas en tablas de encofrado son de 2x25x240 cm, y los tablonos son de 4x25x240 cm.

Las ventajas que ofrece este tipo de encofrado es la experiencia de los trabajadores en este tipo de material, la facilidad de realizar encofrados complejos, facilidad para su adquisición.

Por ser madera con poco tratamiento sus desventajas son muy visibles como es la baja calidad en el acabado del hormigón, desperdicios de madera de alrededor un 30 %, y la limitada o nula capacidad para reutilizar el encofrado, y mayor tiempo de ejecución de obra.



**Foto 3-16: Encofrado tradicional.**

Las maderas que generalmente se utilizan para el encofrado tradicional son las clasificadas en el Grupo C de acuerdo "Clasificación de las Maderas del Grupo Andino" PADT REORT.

Las tensiones admisibles para maderas de encofrados son las siguientes (Datos tomados de Enciclopedia de Hormigón Armado 7ma Edición).

TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA PARA EL CALCULO DE ENCOFRADOS	
ESFUERZO	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )
Compresión paralela a las fibras	70
Compresión perpendicular a las fibras	30
Flexión en fibras externas	80
Esfuerzo cortante	7
Tracción paralela a las fibras	80
Tracción perpendiculares a las fibras	0

**Tabla 3-11: Tensiones admisibles para Madera de Encofrado.**

También hay que mencionar las características físico – mecánicas de la madera utilizada para encofrados en nuestro país.

CARACTERISTICAS FISICO-MECANICAS DE LA MADERA PARA ENCOFRADO		
PROPIEDAD	CLASIFICACION	MINIMO REQUERIDO
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Baja	0.36
Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Baja a Mediana	251
Modulo de Ruptura (kg/cm <sup>2</sup> )	Baja a Mediana	401
Modulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	Mediana	101
Compresión Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	Muy Baja a Baja	<=200
Resistencia Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Muy Baja a Baja	<=300
Compresión Perpendicular (kg/cm <sup>2</sup> )	Muy Baja a Baja	<=35
Dureza en los lados (kg)	Baja	201
Dureza en los extremos (kg)	Baja a Mediana	251
Cizallamiento (kg/cm <sup>2</sup> )	Baja	41

**Tabla 3-12: Características Físico-Mecánicas de la Madera para Encofrado.**

**Tomado de la Tesis “La técnica y el uso de la madera en construcción de viviendas en Guayaquil” U. Católica Facultad de Arquitectura 1984.**

Aunque se pueden utilizar madera de mejores condiciones físico-mecánicas como el Fernansánchez pero que de igual manera tienen un costo mayor.



En la actualidad se están haciendo usos de nuevas técnicas constructivas, que facilitan el proceso y reducen el tiempo de ejecución de la obra.

Es así que el encofrado tradicional ha ido perdiendo terreno frente a nuevas técnicas como son: Encofrados con paneles Contrachapados, Encofrados Metálicos, Encofrados Plásticos.

Los tableros contrachapados son tableros estructurales de partículas de madera unidas con resinas melamínicas que la hacen muy resistente a la humedad en su composición interna como externa.



Foto 3-17: Tableros de Madera.

Sus características físico-mecánicas varían según su espesor como se muestra en la siguiente tabla.

Espesor mm	Densidad +/- 5% Kg/n <sup>3</sup>	Peso +/- 5% Kg	Flexión Kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de Elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )	Hinchamiento %		Resistencia a la Tracción Kg/cm <sup>2</sup>		Agarre Tornillo Kg	
					(2h)	(24h)	CE	CI	CE	CI
6	742	23	220	>2800	<4	-	n/a	>6,5	n/a	n/a
9	700	33	220	>2600	<4	-	n/a	>6,5	n/a	n/a
12	680	43	220	>2600	<4	<14	>12	>6,5	>125	>110
15	670	53	200	>2400	<2	<12	>12	>6,5	>125	>110
18	659	62	200	>2400	<2	<12	>12	>6,5	>125	>110

Tabla 3-13: Características Físico - Mecánicas de Paneles Contrachapados (MDP FORMALETA NOVOPAN)

Las ventajas que ofrece este tipo de sistema son las siguientes:

- Superficie lisa y homogénea, perfectos acabados en el hormigón.
- Fácil elaboración de Encofrados.
- Puede ser reutilizado varias veces según el cuidado que se le de hasta 20 veces.
- Puede ser dimensionado para cualquier tipo de diseño.



**Foto 3-15: Encofrado con paneles contrachapados.**

El almacenamiento y cuidado después de cada encofrado es fundamental para alargar la vida útil de los tableros, a continuación se especifica algunos de estos cuidados:

- Después de cada desencofrado realice la limpieza con elementos de madera.
- Almacenar los tableros protegiéndolos del sol y del agua.
- La madera solida utilizada para armar el encofrado debe esta seca.

### 3.5. CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE MADERAS ECUATORIANAS

Gracias a las investigaciones que ya se han realizado en la ESPE, se tiene información de 14 maderas ecuatorianas. Se plantea una posible clasificación con todos los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad necesarios para realizar un diseño estructural.

Generalmente la agrupación de la madera está relacionada con la densidad básica, pero debido a la gran variación de esfuerzos admisibles, se optó por realizar una clasificación en función de dichos esfuerzos.

En la Tabla 3-14 se presentan los nombres comunes y científicos, densidad y al grupo estructural al que pertenecen, de acuerdo a la información presente en investigaciones previas hechas en la ESPE.

Densidad T/m <sup>3</sup>	Nombre común	Nombre científico	Grupo estructural
0.99	Chanul	Humiriastrum procerum	A
0.87	Guayacán Pechiche	Minuartia guianensis	
0.70	Bambú gigante	Dendrocalamus Asper	
0.70	Caña Guadua	Guadua angustifolia Kunth	
0.87	Moral fino	Chlorophora tinctora	B
0.85	Caoba	Swietenia macrophylla King	
0.67	Mascarey	Hieronyma chocoensis	
0.48	Sande	Brosimum utile	C
0.76	Fernansánchez	Triplaris guayaquilensis	
0.51	Colorado	Erythrina Smithiana	
0.81	Eucalipto Glóbulos	Eucalipto Globulus Glóbulos	
0.68	Seique	Cedrelinga catenaeformis Ducke	D
0.83	Pituca	Clarisia racemosa	
0.59	Eucalipto Grandis	Eucalipto Globulus Grandis	

**Tabla 3-14: Propuesta de agrupación estructural de la madera ecuatoriana**

En la Tabla 3-15 se presenta los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad para cada grupo estructural. Cabe recalcar que para garantizar la representatividad de la muestra se requiere efectuar por lo menos 30 repeticiones de cada ensayo, mientras que los ensayos realizados en la ESPE fueron hechas con un máximo de 6 repeticiones por cada tipo de sollicitación. Tanto la Tabla 3-14 y 3-15 son una propuesta de clasificación estructural de la madera y no sustituyen las Tablas encontradas en diversos libros.

Grupo	Esfuerzos admisibles en kg/cm <sup>2</sup>							
	Compresión		Tracción		Corte	Flexión	Emin	E prom
	paralela	perpendicular	paralela	perpendicular				
A	120	60	250	9	15	135	96000	110000
B	100	35	175	7	9	95	82000	89000
C	60	23	150	7	8	70	65000	77000
D	50	20	135	7	6	60	53000	59000

**Tabla 3-15: Esfuerzos admisibles de la madera estructural ecuatoriana**

A la Tabla 3-15 se la compara con los esfuerzos admisibles del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT REFORT).

GRUPO	Esfuerzos admisibles en kg/cm <sup>2</sup>							
	Compresión		Tracción		Corte	Flexión	Emin	E prom
	paralela	perpendicular	paralela	perpendicular				
A	145	40	145	-	15	210	95000	130000
B	110	28	105	-	12	150	75000	100000
C	80	15	75	-	8	100	55000	90000

**Tabla 3-16: Tabla de resumen esfuerzos admisibles en grupos estructurales**

## CAPÍTULO 4

### UNIONES

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

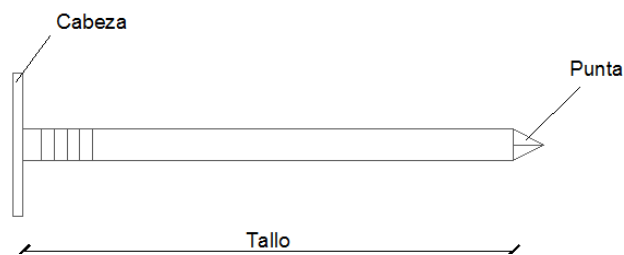
Debido a que la madera no puede ser fundida ni tampoco soldada, como ocurre con los materiales de construcción comunes (concreto y acero), es necesario la utilización de elementos de unión, sujeción o fijación, que puedan transmitir los esfuerzos de un elemento a otro.

La fuerza y estabilidad de cualquier estructura de madera depende en gran medida de los sistemas de fijación y sus partes conjuntas. Una de las ventajas de la madera como elemento de construcción es la facilidad con que las piezas estructurales se pueden unir con una amplia gama de clavos, tornillos, pernos, tirafondos, grapas, conectores, entre otros. Para la máxima rigidez y carga de servicio cada sistema de fijación requiere diseños adaptados a las propiedades de resistencia de la madera a lo largo y ancho de la fibra y los cambios de dimensiones que se pueden producir con los cambios del contenido de humedad.

## 4.2. SISTEMAS DE FIJACIÓN

### 4.2.1. Clavos

El clavo es un elemento delgado y alargado con una punta filosa que se utiliza para unir dos o más elementos, en este caso la madera. El clavo está constituido por tres partes tallo, cabeza y punta (Fig. 4-1), estos elementos son diferentes según el clavo.



**Fig. 4-1. Partes o elementos del clavo.**

Los clavos son las fijaciones más comunes utilizadas en la construcción de madera. Hay muchos tipos, tamaños y formas de clavos. El clavo durante su uso debe resistir cargas de extracción, cargas laterales o una combinación de las dos. Tanto la extracción como la retirada se ven afectados por la madera (densidad ó grupo de madera), el clavo y su condición de uso.

#### 4.2.1.1. Material de fabricación

El clavo es de acero al carbono, blando, con bajo contenido de carbón y se lo denomina acero 1020. Tiene un peso específico de 7870 T/m<sup>3</sup> y presenta una maquinabilidad del 65%, es decir que presenta la propiedad de ser mecanizado (fabricado) fácilmente. Este acero 1020 está compuesto por:

- 0.20% de carbono
- 0.50% de manganeso
- 99% o más de hierro

Este acero también presenta algunas propiedades mecánicas de interés que son:

- Resistencia a la tracción de 4580kg/cm<sup>2</sup>
- Limite de fluencia 2200kg/cm<sup>2</sup>

En madera se puede utilizar los siguientes clavos de bajo carbono: 1015, 1018, 1020 y 1022. La diferencia sustancial entre los diferentes tipos de acero esta en su límite de fluencia, por ejemplo el Tipo 1015 tiene un  $F_y=4300\text{kg/cm}^2$ , mientras que el Tipo 1020 un  $F_y=2200\text{kg/cm}^2$ . No es recomendable utilizar aceros fuera de este rango (1015-1020), ya que los aceros dentro de este rango son utilizados para la fabricación de piezas estructurales.

#### 4.2.1.2. Tipos de clavos

Entre los principales tipos de clavos se tiene: lisos, anillados y helicoidales.

##### Clavo liso

Este clavo es el mas corriente, su tallo es redondo y liso. En la Figura 4-2 se muestra este tipo de clavo.



*Figura 4-2: Clavo liso*

##### Clavo anillado ó espina de pescado

Este tipo de clavo tiene la distinción de poseer anillos convexos y es muy resistente al desprendimiento y se utiliza cuando la madera se encuentra humedad. En la Figura 4-3 se muestra un clavo anillado



*Figura 4-3: Clavo anillado*

### Clavo helicoidal

Es un tipo de clavo en el cual el tallo es torcido y cuadrado, es muy resistente al desprendimiento. Su diámetro es medido sobre las espinas. En la Figura 4-4 se indica este clavo en particular.



*Figura 4-4: Clavo helicoidal*

#### 4.2.1.3. Características principales

##### Dimensiones

Las dimensiones de largo y diámetro comerciales se dan a continuación. En la tabla 4-1 se encuentran los clavos lisos con aleación de Zinc, que son uno de los mas comunes, estos clavos se distinguen por su color brillante. En la Tabla 4-2 se presentan los clavos lisos y en la Tabla 4-3 están los clavos anillados y helicoidales.

La relación entre el largo y diámetro ( $l/d$ ) del clavos es muy importante al momento de utilizarlo en estructuras de madera, la relación se dan en las Tabla siguientes.

Tamaño	Calibre	Largo		Diámetro		Relación $l/d$
		mm	pulg	mm	pulg	
6d	11 1/2	50.8	2	2.87	0.113	18
8d	10 1/4	63.5	2 1/2	3.33	0.131	19
10d	9	76.2	3	3.76	0.148	20
12d	9	82.55	3 1/4	3.76	0.148	22
16d	8	88.9	3 1/2	4.11	0.162	22
20d	6	101.6	4	4.88	0.192	21
30d	5	114.3	4 1/2	5.26	0.207	22
40d	4	127	5	5.72	0.225	22
50d	3	139.7	5 1/2	6.2	0.244	23
60d	2	152.4	6	6.65	0.262	23

*Tabla 4-1. Dimensiones más comunes de clavos lisos con aleación de Zinc.*



Tamaño	Calibre	Largo		Diámetro		Relación l/d
		mm	pulg	mm	pulg	
3d	14 1/2	31.75	1 1/4	1.93	0.076	16
4d	14	38.1	1 1/2	2.03	0.08	19
5d	14	44.45	1 3/4	2.03	0.08	22
6d	12 1/2	50.8	2	2.49	0.098	20
7d	12 1/2	57.15	2 1/4	2.49	0.098	23
8d	11 1/2	63.5	2 1/2	2.87	0.113	22
10d	10 1/2	76.2	3	3.25	0.128	23
16d	10	88.9	3 1/2	3.43	0.135	26
20	9	101.6	4	3.76	0.148	27

*Tabla 4-2. Dimensiones más comunes de clavos lisos.*

Tamaño	Largo		Diámetro		Relación l/d
	mm	pulg	mm	pulg	
6d	50.8	2	3.05	0.12	17
8d	63.5	2 1/2	3.05	0.12	21
10d	76.2	3	3.43	0.135	22
12d	82.55	3 1/4	3.43	0.135	24
16d	88.9	3 1/2	3.76	0.148	24
20d	101.6	4	4.5	0.177	23
30d	114.3	4 1/2	4.5	0.177	25
40d	127	5	4.5	0.177	28
50d	139.7	5 1/2	4.5	0.177	31
60d	152.4	6	4.5	0.177	34
70d	177.8	7	5.26	0.207	34
80d	203.2	8	5.26	0.207	39
90d	228.6	9	5.26	0.207	43

*Tabla 4-3. Dimensiones más comunes de clavos anillados y helicoidales.*

### Modificaciones de la superficie

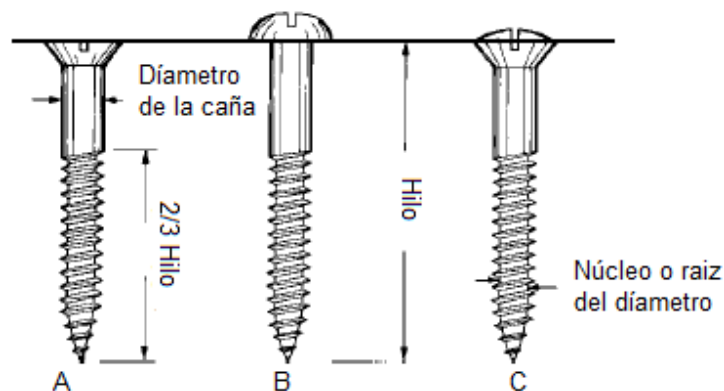
Un tratamiento en la superficie del clavo mejora sus características a la prueba de extracción, el material de recubrimiento es una resina que aumenta la fricción entre el clavo y la madera. Esta resina ofrece una gran ventaja cuando es aplicada en madera suave o media, pero en madera dura estos clavos pierden su ventaja

ya que la mayor parte de su resina es eliminada en el proceso de incado del clavo, por este motivo se requiere un pretaladrado para su posterior inserción.

#### 4.2.2. Tornillos

Estos elementos son generalmente utilizados para fijar conectores metálicos y cuando se requiere mayor resistencia a la extracción o cuando el uso de pernos es innecesario e impracticable. Su desempeño dentro de la unión es superior a la de un clavo.

Los tornillos mas comunes para uso en la madera tienen una cabeza redonda u ovalada. El tornillo de cabeza plana es la mas usado. Las partes principales de un tornillo se muestran en la Figura 4-5, sus partes son la cabeza, caña, hilo y núcleo.



**Figura 4-5: Tipos comunes para madera y sus partes: A cabeza plana, B cabeza redonda y C de cabeza ovalada.**

Los tornillos para madera son generalmente de acero, bronce u otros metales o aleaciones y pueden tener acabados específicos, tales como el níquel, cromo, cadmio, etc. Los tornillos se clasifican según el tipo, acabado, la forma de la cabeza y el diámetro de la caña.

##### 4.2.2.1. Dimensiones

Las dimensiones mas comunes de los tornillos se presentan en la siguiente tabla.

Dimensiones de tornillos				
Calibre	Diámetro		Hilo	
	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)
4	2.84	1/9	12.7	1/2
			19	3/4
			25.4	1
5	3.18	1/8	12.7	1/2
			19	3/4
			25.4	1
6	3.51	4/29	12.7	1/2
			19	3/4
			25.4	1
7	3.84	13/86	38.1	1 1/2
			50.8	2
			19	3/4
8	4.17	11/67	25.4	1
			38.1	1 1/2
			50.8	2
9	4.5	14/79	19	3/4
			25.4	1
			38.1	1 1/2
10	4.83	4/21	50.8	2
			63.5	2 1/2
			19	3/4
11	5.16	13/64	25.4	1
			38.1	1 1/2
			50.8	2
			63.5	2 1/2

**Tabla 4-4. Dimensiones más comunes de tornillos**

Dimensiones de tornillos				
Calibre	Diámetro		Hilo	
	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)
12	5.49	8/37	25.4	1
			38.1	1 1/2
			50.8	2
			63.5	2 1/2
			76.2	3
14	6.15	23/95	38.1	1 1/2
			50.8	2
			63.5	2 1/2
			76.2	3
16	6.81	26/97	50.8	2
			63.5	2 1/2
			76.2	3
18	7.47	5/17	63.5	2 1/2
			76.2	3
20	8.13	8/25	63.5	2 1/2
			76.2	3

Continuación Tabla 4-4. Dimensiones más comunes de tornillos

### 4.2.3. Tirafondos

El tirafondo (Fig. 4-6) es un elemento de unión entre un tornillo y un perno, con una cabeza diseñada para imprimirle un giro con la ayuda de una herramienta adecuada (destornillador, llave fija, etc.). El diseño de su rosca se hace en función del material a penetrar y puede ser rectangular o hexagonal. Generalmente se utiliza el tirafondo cuando es difícil colocar un perno o por estética. Los tirafondos nunca deben ser martillados y no se debe utilizar ninguna clase de lubricante para facilitar su instalación.



Figura 4-6: Tirafondo

### 4.2.3.1. Dimensiones

Las dimensiones comerciales de los tirafondos se presentan en la Tabla 4-5. En función de la simbología de la Figura 4-7 se presenta las dimensiones comerciales de los tirafondos.

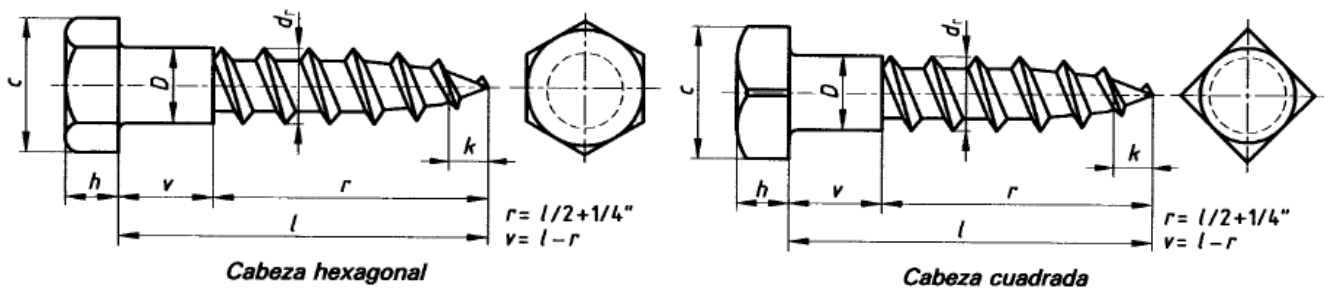


Figura 4-7: Simbología para la designación de las dimensiones de los tirafondos

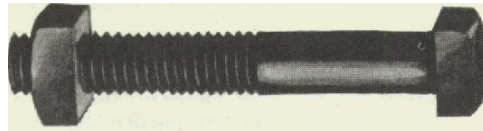
En la Tabla 4-5, los cuadros marcados con “x”, significa que existe un tirafondo con esa altura especificada.

Dimensiones (mm)	D	6.4	7.9	9.5	12.7	15.9	19.1	22.2	25.4		
	dr	4.4	5.3	6.7	9.4	11.9	14.7	17.3	19.8	r	v
Largo (mm)	k	4.8	6.4	6.4	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3		
	h	4.4	5.2	6.4	8.3	10.7	12.7	15.1	16.7		
	c	9.5	12.7	14.3	19.1	13.8	28.6	33.3	38.1		
38.1		x	x	x	x	-	-	-	-	25	13
50.8		x	x	x	x		-	-	-	32	19
63.5		x	x	x	x	x	-	-	-	38	25
76.2		x	x	x	x	x	x	x	x	44	32
88.9		x	x	x	x	x	x	x	x	51	38
101.6		x	x	x	x	x	x	x	x	57	44
114.3		x	x	x	x	x	x	x	x	64	51
127		x	x	x	x	x	x	x	x	70	57
139.7		x	x	x	x	x	x	x	x	76	64
152.4		x	x	x	x	x	x	x	x	83	70
177.8		x	x	x	x	x	x	x	x	95	83
203.2		x	x	x	x	x	x	x	x	108	95

Tabla 4-5. Dimensiones más comunes de tirafondos

#### 4.2.4. Pernos

Los pernos (Fig. 4-8) son utilizados en estructuras de madera para tomar cargas pesadas y concentradas, tal como es el caso del anclaje de muros a las fundaciones, unión de muros por entrepiso y fijación de muros de corte.



*Figura 4-8: Perno típico*

Estos elementos de fijación son ineficientes para traspasar fuerzas de un elemento a otra, debido a su excesiva deformación, al perno se lo utiliza como un elemento de ensamblado. Cabe mencionar que los pernos más delgados son más eficientes, es decir, son aquellos para los que la relación entre resistencia y volumen de material es mayor. Sin embargo en una unión a menor diámetro del perno mayor número de pernos.

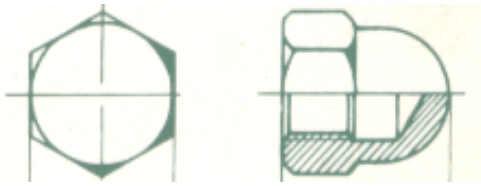
##### 4.2.4.1. Materiales de fabricación

El material de fabricación del perno es el mismo del clavo, para más información lea el ítem 4.2.1.1.

##### 4.2.4.2. Características principales

###### Terminado de la rosca

La rosca del perno puede ser del tipo “rosca Whitworth” ó cualquier otra, siempre y cuando se genere un ajuste adecuado para unir piezas de madera.



**Figura 4-9: Rosca de perno tipo Whitworth**

### Dimensiones

Las dimensiones mas comunas para pernos, se presentan en la Tabla 4-6.

Diámetro		Altura	
(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)
12.7	1/2	7.9	6/16
15.9	5/8	9.9	25/64
19.1	3/4	11.9	15/32
22.2	7/8	13.9	35/64
25.4	1	15.5	39/64
28.6	1 1/8	17.5	11/16
31.8	1 1/4	19.8	25/32
34.9	1 3/8	21.4	27/32
38.1	1 1/2	23.8	15/16

**Tabla 4-6. Dimensiones más comunes de pernos.**

Los pernos para madera deben estar provistos de arandelas, las cuales deberán ser colocadas entre la rosca-madera y entre tuerca-madera.

#### 4.2.4.3. Consideraciones para el diseño

Cuando se utilizan pernos de acero para conectar miembros de madera, hay varias consideraciones de diseño. Los principales puntos son los siguientes:

##### **Esfuerzo neto en el miembro**

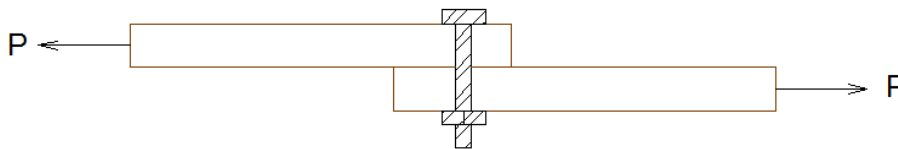
Los orificios taladrados para colocar los pernos reducen la sección transversal del miembro. Para este análisis, se supone que el orificio tiene un diámetro 1.6mm mayor que el del perno.

### ***Aplastamiento del perno en la madera y flexión sobre el perno***

Cuando los miembros son gruesos y el perno delgado y largo, la flexión del perno originara una concentración de esfuerzos en los extremos de los miembros.

### ***Número de miembros***

El caso mas desfavorable, es el indicado en la Fig. 4-10, con la unión de dos miembros.



***Figura 4-10: Torsión en la junta empernada de dos miembros***

En este caso, la falta de simetría en la junta produce una torsión considerable. A esta situación se le conoce como fuerza de cortante simple, ya que el perno esta sujeto a fuerza cortante en un solo plano. Cuando están unidos mas miembros, se reduce este efecto de torsión.

### ***Longitud del perno***

La longitud del perno es una parte de la definición de aplastamiento de la superficie de contacto de la madera. También si su importancia su longitud es grande en proporción con el diámetro, lo que conduce a una flexión considerable del perno. Para el control del diseño, la longitud del perno se define en términos de los espesores de los miembros conectados de madera.

#### **4.2.5. Conectores de anillo**

Existen varios tipos de conectores que se han diseñado para aumentar las articulaciones y las zonas de corte mediante la utilización de placas o anillos alrededor de los pernos que sujetan los miembros de la articulación. Las partes principales que son las encargadas de transportar las cargas son los conectores,



los pernos suelen servir para evitar la separación transversal de los miembros, pero tienen cierta capacidad de carga.

La fuerza del conector, depende del tipo y tamaño del conector, la especie maderera, el espesor y el ancho del miembro, la distancia entre el conector y el extremo del miembro, el espaciamiento de los conectores, la dirección de aplicación de la carga con respecto a la dirección de la fibra de la madera y otros factores. Existen varios tipos de conectores pero los principales son: anillo partido, anillo dentado y el anillo de corte.

#### **4.2.5.1. Material de fabricación**

El material de fabricación de conectores de anillo es variado y depende del tipo de anillo se esté empleando; por ejemplo cuando se trata de anillos partidos, se fabrican de acero de bajo carbón laminado en caliente; para conectores de anillo dentado se manufacturan de hojas metálicas laminadas en caliente para formar una banda circular corrugada con dientes puntiagudos y soldada formando un anillo resistente; para los anillos de corte se fabrican de de acero forjado.

Para evitar confusión entre un material de fabricación y otro se realizara una pequeña explicación a continuación:

##### **Acero laminado en caliente**

Este tipo de acero está formado casi en su totalidad de hierro y una pequeña cantidad de carbono alrededor del 2% o menos que le da su gran ductilidad.

Esta mezcla de hierro y carbono se la coloca en un horno a alta temperatura donde se funde y es convertido en acero en bruto fundido en lingotes de gran peso y tamaño que posteriormente hay que laminar para poder convertir el acero en múltiples tipos de secciones.

El proceso de laminado consiste en calentar previamente los lingotes de acero fundido a una temperatura que permita la deformación del lingote por un proceso de estiramiento y desbaste que se produce en una cadena de cilindros a presión llamado tren de laminación. Estos cilindros van conformando el perfil deseado hasta conseguir las medidas adecuadas. Las dimensiones del acero que se consigue no tienen tolerancias muy ajustadas y por eso muchas veces a los productos laminados hay que someterlos a fases de mecanizado para ajustar su tolerancia.

### ***Acero forjado***

Se define como acero forjado el que ha sufrido una modificación de su forma y de su estructura interna, mediante la acción de un trabajo mecánico de forja realizado a temperatura superior a la de recristalización.

El forjado industrial del acero se realiza en modernas y potentes prensas de impacto equipadas con matrices que conforman el molde de la pieza que se desea obtener. La finalidad del acero forjado industrialmente es producir piezas que luego tendrán procesos de mecanizado donde la cantidad de viruta a remover sea la menor posible con objeto de abaratar los costes del mecanizado.

#### **4.2.5.2. Conector de anillo partido**

Este tipo de conectores se colocan en las ranuras hechas en la madera en las caras de contacto de las piezas a unir, insertando un perno concéntrico con los anillos, que mantenga a los miembros juntos. La ranura permite apretar simultáneamente la cara interior del anillo contra el corazón de la madera inscrito en el mismo y la cara exterior contra la madera circunscrita en el anillo, ver Fig. 4-11.

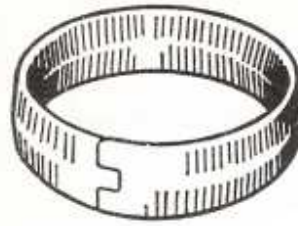


Fig. 4-11: Conector típico de anillo partido

Al instalar los anillos, se requiere energía eléctrica para el funcionamiento de las herramientas con las que se hacen las ranuras donde se colocan los anillos, ver Fig. 4-12. El tamaño mínimo de la pieza de madera al utilizar estos conectores es de 100x50x150mm.

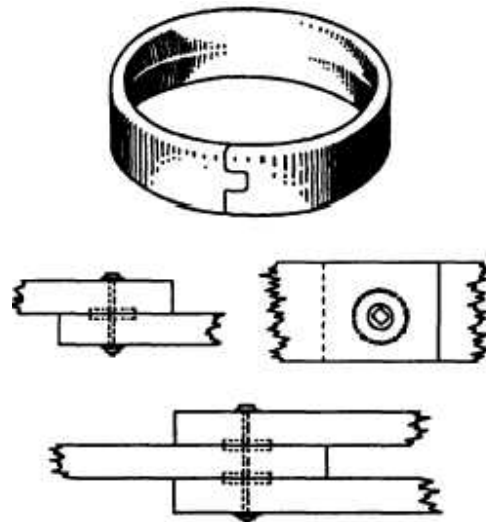


Fig. 4-12: Ensamble de conectores de anillo

#### 4.2.5.3. Conector de anillo dentado

Estos conectores se usan para transmitir cargas entre los miembros entramado de madera relativamente ligeros. No se requieren ranuras como en el caso anterior, puesto que se introducen a presión en las caras de la madera. Este tipo de conectores no se recomienda en piezas estructurales que deben soportar grandes esfuerzos y cuando no se dispone de herramientas eléctricas.

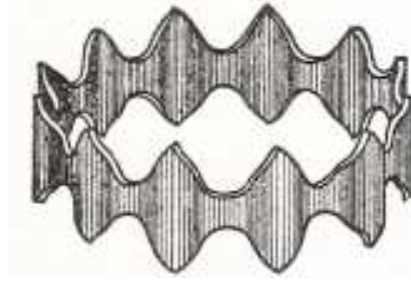


Fig. 4-13: Anillo dentado

#### 4.2.5.4. Conector de anillo de corte

El anillo de corte o placa a cortante (Fig. 4-14) se la usa principalmente en conexiones de madera a acero y madera a madera en estructuras desmontables cuando se usan por partes; estas se colocan en ranuras premoldeadas y se empotran completamente en su posición dentro de la madera emparejándose con ella en su superficie. Entre otras aplicaciones se utiliza para liga de armaduras en el muro del edificio y para anclar las columnas de madera a la cimentación.

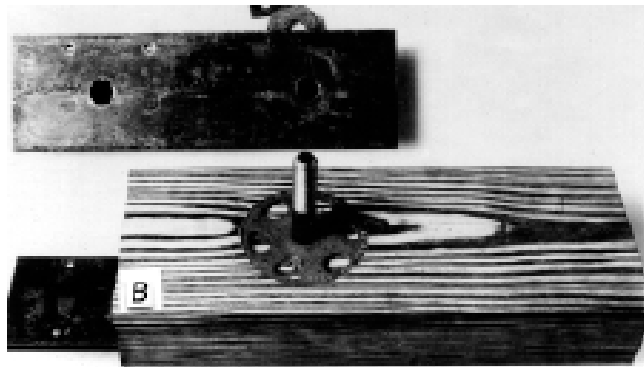


Fig. 4-14: Junta con anillo de corte

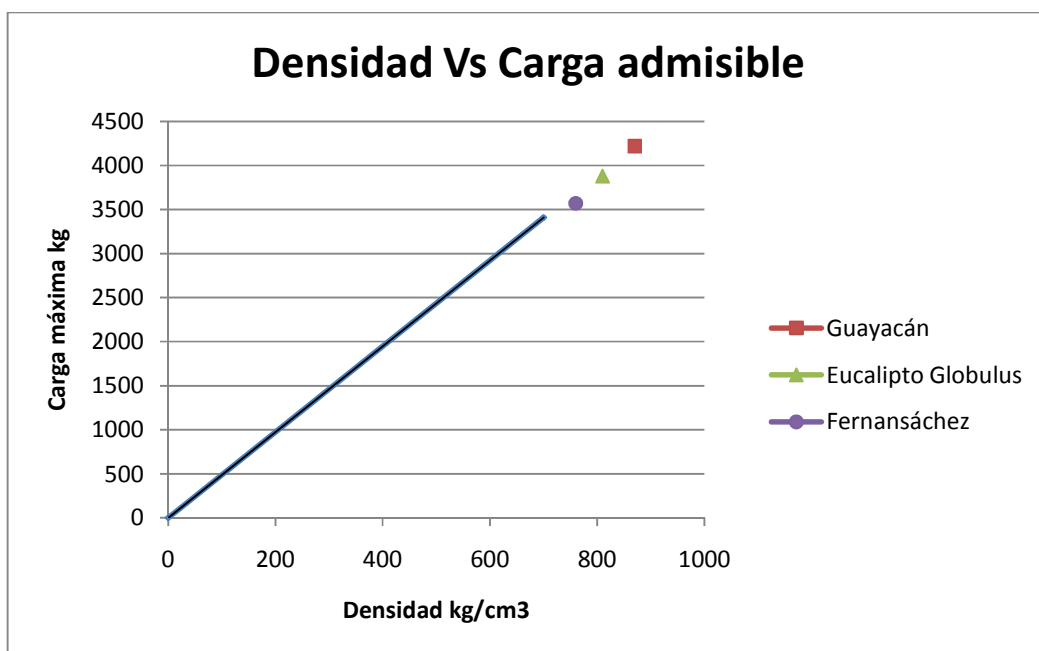
#### 4.2.5.5. Tensión paralela al grano

Varias investigaciones han demostrado que el principal factor a tomar en cuenta es la densidad de la madera para el control de la fuerza de las articulaciones. Para

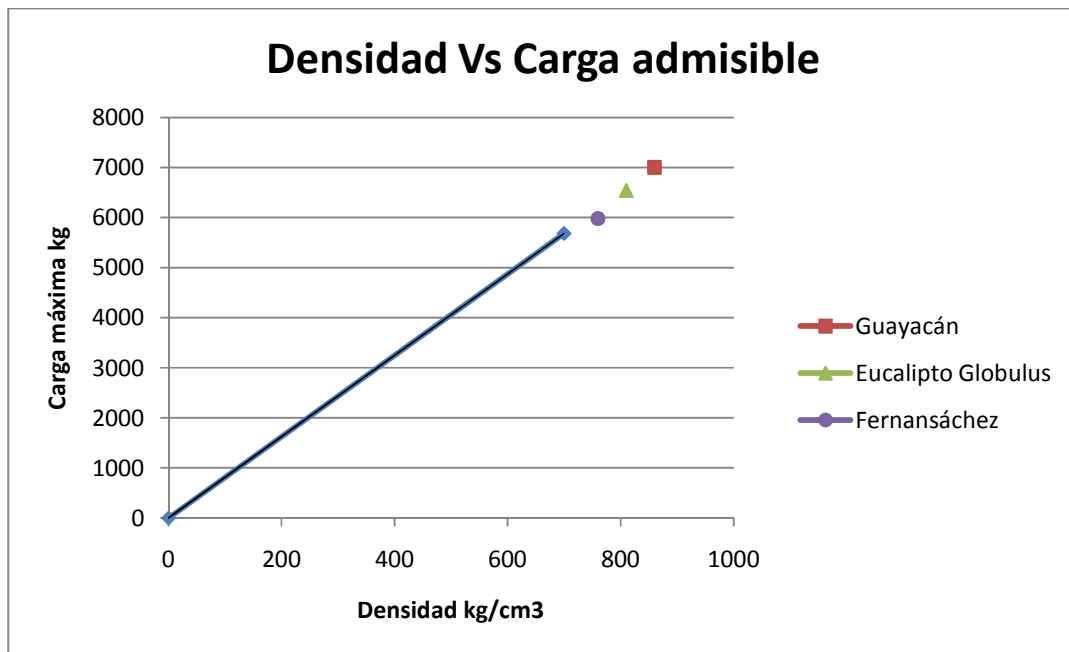
conectores de anillo partido, la carga admisible varía linealmente con la gravedad específica (Gráfico 4-1 y 4-2).

Todas estas investigaciones han sido realizadas en maderas con un contenido aproximado de humedad del 12%.

Dependiendo de la densidad, la carga admisible aumenta o disminuye, se puede utilizar los Gráficos 4-1 al 4-3 para determinar la carga admisible en las maderas planteadas en esta investigación de acuerdo a su densidad en la Tabla 2-2.

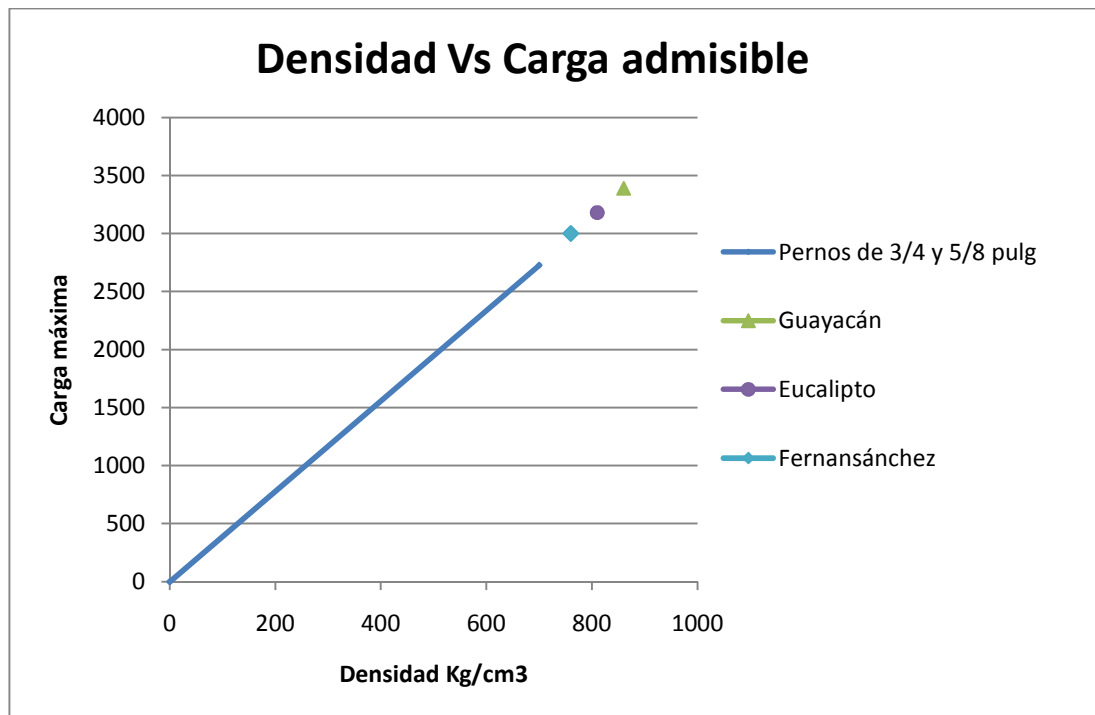


**Gráfico 4-1. Relación entre la carga paralela al grano y la gravedad específica, para una junta con dos anillos partidos de 2½ pulg de diámetro y con un solo perno de ½ pulg de diámetro. Los miembros fueron (central de 4 pulg y laterales de 2 pulg)**



**Gráfico 4-2. Relación entre la carga paralela al grano y la gravedad específica, para una junta con dos anillos partidos de 4 pulg de diámetro y con un solo perno de 3/4 pulg de diámetro. Los miembros fueron (central de 5pulg y los laterales de 2 1/2 pulg)**

Para conectores de anillo de corte, la carga admisible varía linealmente con la densidad en las especies madereras con densidades bajas, en especies con densidades altas la capacidad de carga esta influenciada por la resistencia de los pernos de los anillos de corte (Gráfico 4-3). En el siguiente gráfico se puede observar la diferencia de carga que existe entre un perno de 3/4 pulg vs uno de 5/8 pulg (esbelto).

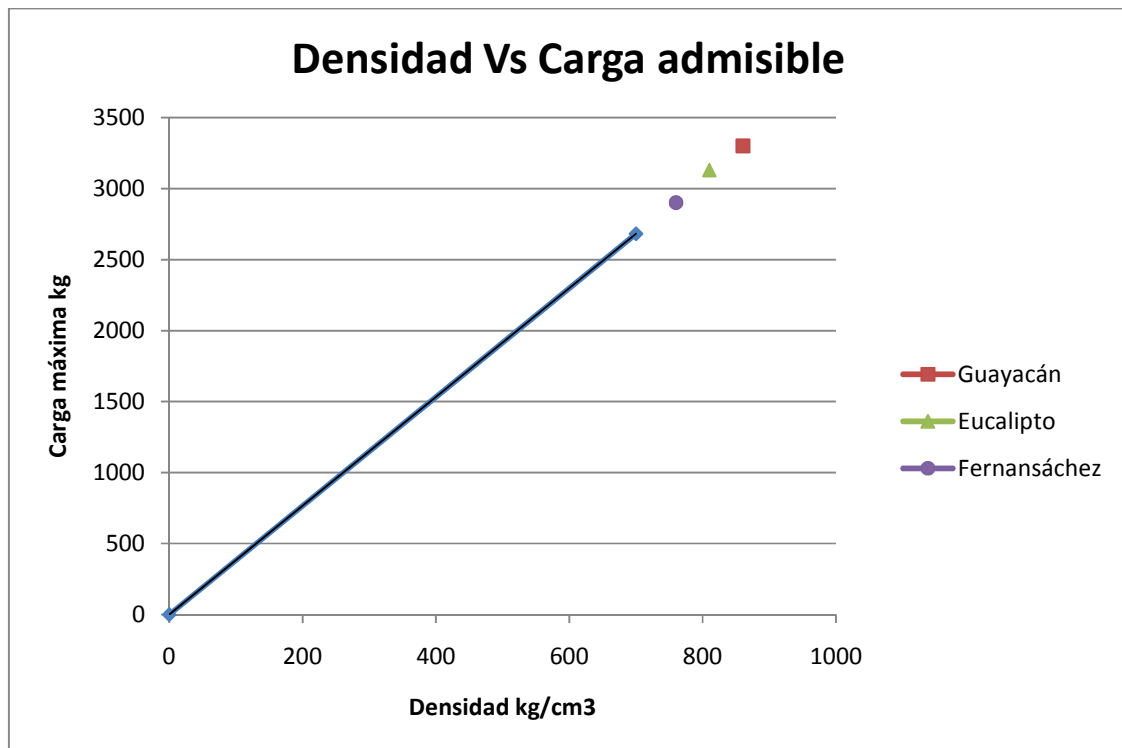


**Gráfico 4-3. Relación entre la carga paralela al grano y la gravedad específica, para una junta con dos anillos de corte de 2 5/8 pulg de diámetro. El miembro central fue de 3 pulg de espesor.**

#### 4.2.5.6. Tensión perpendicular al grano

La mayoría de estudios para uniones con conectores de anillo con carga perpendicular al grano fueron hechos con tres miembros, con los miembros secundarios paralelos a la fibra y el central perpendicular al grano. El peso específico es un indicador de la capacidad de carga, para conectores de anillo partido la capacidad de carga perpendicular al grano es de alrededor de un 55% del paralelo a la fibra. La deformación conjunta que presenta la unión con carga perpendicular a la fibra es entre un 30 a 50% mas que la carga paralela a la fibra.

Para conectores de anillo de corte, la carga admisible varía linealmente con la densidad de la especie maderera (Gráfico 4-4). De manera general la resistencia de la especie controla la resistencia de la unión.



**Gráfico 4-4. Relación entre la carga perpendicular al grano y la gravedad específica, para una junta con dos anillos de corte de 2 5/8 pulg de diámetro y con un solo perno de 3/4 pulg de diámetro. El miembro central es de 3 pulg**

#### 4.2.5.7. Modificaciones

Varios factores afectan a las carga de los conectores se han tenido en cuenta al tabular los valores. Otras variaciones y condiciones extremas requieren modificaciones de los valores.

#### **Placas laterales de acero**

Estas placas se utilizan a menudo con conectores de placa de corte. Cuando las cargas son paralelas a las fibras son un 10% mayor que aquellas sin placas laterales de acero. Para cargas perpendiculares a la fibra, estas no han sido modificadas por el uso de dichas placas.



### ***Exposición de la madera a la humedad***

Por lo general, antes de la fabricación de las uniones, los miembros deben ser sellados con un contenido de humedad que alcanzara durante su servicio. Esto es particularmente conveniente para las vigas de madera de la cubierta y otras unidades estructurales donde la dilatación y la contracción es factor que debe ser tomado en cuenta. Debido a la construcción urgente muchas veces se emplea madera verde y mal sellada, posteriormente dichos elementos se secan causando contracción y la abertura de las articulaciones.

### ***Grado y calidad de la madera***

La madera en la cual la fuerza de los conectores es aplicable debe ajustarse a los requisitos mínimos en cuanto a la calidad de la madera estructural que figuran en varios textos para varias especies comerciales.

Las cargas para conectores se obtienen a partir de ensayos con muestras libres de defectos.

### ***Angulo de la carga con respecto a la fibra***

Para la determinación de la carga con respecto al ángulo de inclinación se puede utilizar aplicando la ecuación de Hankinson (ecu. 4-13).

### ***Espesores mínimos de los miembros***

La relación entre las cargas para diferentes espesores de madera se basa en resultados obtenidos en laboratorio para juntas. El espesor mínimo de miembros se da en la Tabla 4-7. Espesores inferiores a los de la presente tabla no deben ser utilizados.

Conector	Espesor mínimo del miembro de madera (mm)		
	Con un solo conector	Con dos conectores en caras opuestas	Ancho mínimo de todos los miembros
<b>Anillo partido</b> 63.5mm diámetro, ancho de 19mm con perno de 12.5mm de diámetro	25	50	89
	38	76	140
<b>Anillo de corte</b> 66.7mm diámetro, 10.7mm ancho con perno de 19mm de diámetro	30	67	89
	44	92	140

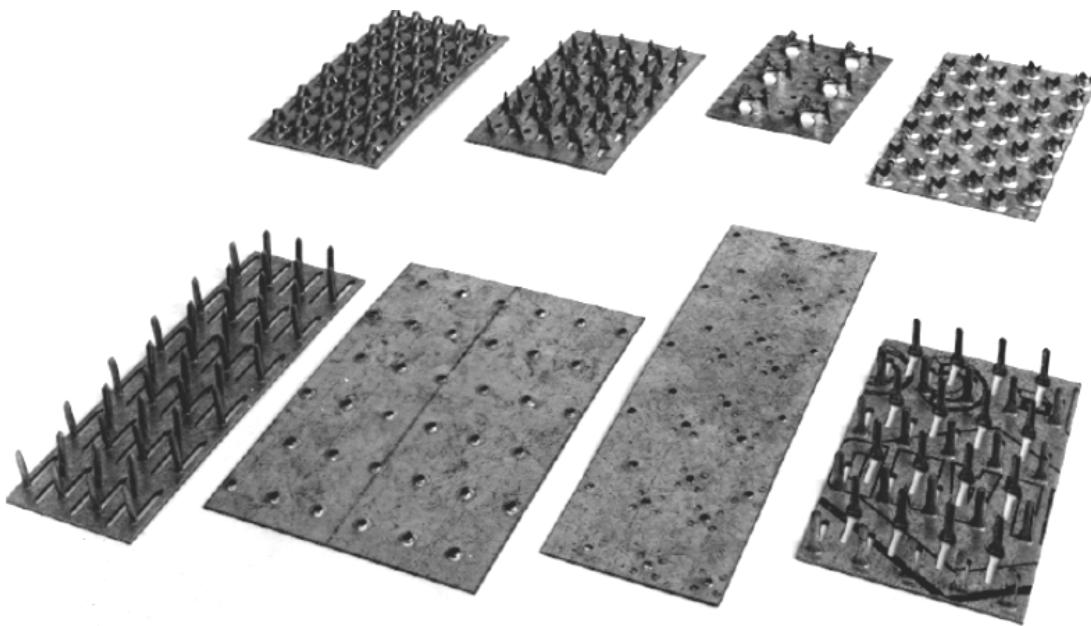
**Tabla 4-7. Espesores mínimos cuando se utiliza conectores de anillo**

### **Sección neta**

La sección neta, es el área remanente después de restar el área proyectada por los conectores y el perno en el miembro. Para maderas aserradas, el esfuerzo en la sección neta (ya sea en tensión o compresión) no debe superar al esfuerzo de la madera a compresión paralela al grano.

#### 4.2.6. Placas metálicas

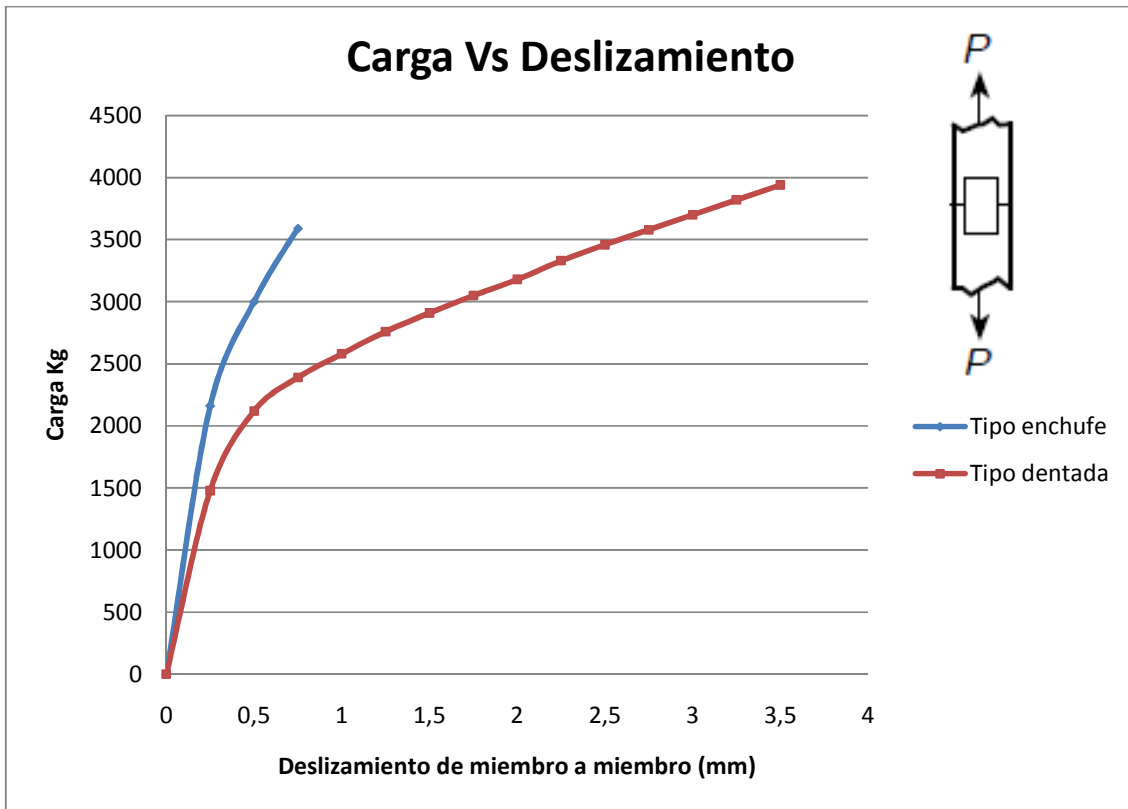
Los conectores de placa metálica, comúnmente llamados placas de metal, son usados cada vez con mayor frecuencia, sobre todo en vigas de cubierta. Estos conectores transmiten las cargas a través de dientes, agarres o uñas, que varían de un fabricante a otro. Un ejemplo de este tipo de conector se muestra en la Fig. 4-15.



**Fig. 4-15. Típicos conectores metálicos**

Estas placas son hechas generalmente de bajo calibre de acero galvanizado y tienen una superficie y forma necesaria para transmitir las fuerzas sobre la articulación. La instalación de placas por lo general requiere de una prensa hidráulica aunque algunas placas se pueden instalar a mano.

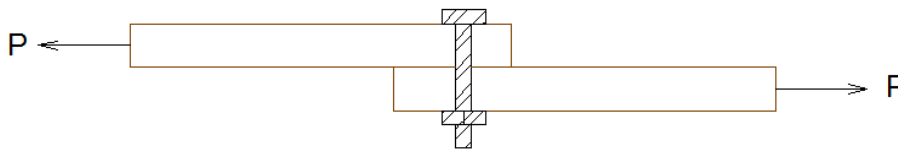
Los esfuerzos básicos de las placas se determinan a partir de las curvas carga vs deslizamiento, en ensayos con elementos de dos miembros de madera unidos con dos placas, una curva de este tipo se aprecia en el Grafico 4-5. Los valores son expresados en unidad por superficie de placa o uña. La fuerza del conjunto está dominada a su vez por la resistencia a tracción o corte de la placa.



**Grafico 4-5: Curva típica carga vs deslizamiento con dos tipos de conectores metálicos y carga a tensión.**

### 4.3. SOLICITACIONES EN LAS UNIONES

A las uniones tanto clavadas como empernadas, son afectadas por varios tipos de cizallamiento. El cizallamiento es un fenómeno producido por fuerzas opuestas iguales que tienden a causar deslizamiento de una parte de la pieza sobre la otra, ver figura 4-16.

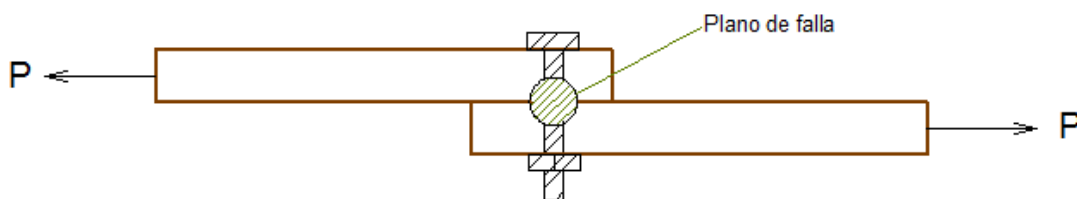


**Figura 4-16: Representación del fenómeno de cizalle**

Dependiendo del número de planos que cruce el elemento de fijación (clavo o perno) se determina si la pieza se encuentra a simple, doble o múltiple cizallamiento.

#### 4.3.1. Cizalle simple

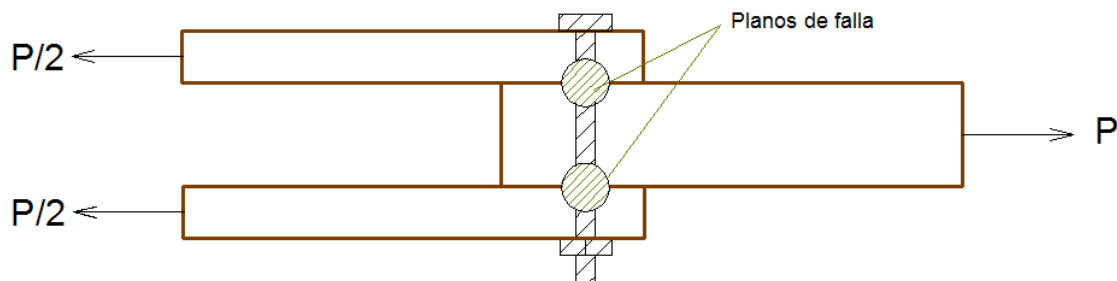
El cizalle simple se produce por la unión de dos piezas de madera y uno o varios elementos de fijación que atraviesan las piezas. La fijación atraviesa un solo plano de falla. En la figura 4-17 se observa el plano de falla.



**Figura 4-17: Cizalle simple, se observa un solo plano de falla**

### 4.3.2. Cizalle doble

El cizalle doble es generalmente el investigado en varios ensayos de laboratorio para determinar la capacidad admisible de las uniones. El cizallamiento doble produce dos planos de falla, se recomienda que cuando se realice el diseño de uniones que involucren este fenómeno, el espesor del elemento central debe ser por lo menos el doble de los elementos externos, esta recomendación se debe a que el elemento central debe soportar dos planos de falla y el doble de carga. En la Figura 4-18 se observa este fenómeno.



*Figura 4-18: Cizalle doble, se observa dos planos de falla*

### 4.3.3. Cizalle múltiple

Se lo llama cizalle múltiple cuando existen mas de dos planos de falla, en este tipo de cizallamiento se debe tomar en consideración el pandeo del elemento de fijación, si es muy largo se puede provocar que la fijación se doble por fuerzas muy pequeñas. Generalmente se considera que el esfuerzos admisible para este tipo de uniones es igual al número de planos de cizalle multiplicado por el esfuerzo admisible de uniones a cizalle simple.

#### **4.4. TIPO DE UNIONES**

Las estructuras de madera como cualquier otra se construyen uniendo varios elementos entre sí, dichas uniones deben ser diseñadas de tal manera que permitan la seguridad estructural.

Estas uniones deben transmitir los esfuerzos de un elemento a otro, mediante estas conexiones se soluciona muchos problemas como: prolongación de un elemento, mantener los esfuerzos axiales y que todos los elementos formen una estructura resistente a todo tipo de solicitaciones, impidiendo la falla estructural.

Las uniones al quedar solicitadas por fuerza de cizalle, admiten corrimientos relativos entre piezas conectadas, los que son originados por las deformaciones de aplastamiento de la madera en la zona de contacto entre ella y el elemento de fijación y también por las deformaciones de flexión que experimentan los medios de unión cilíndricos.

##### **4.4.1. Uniones clavadas**

Las uniones clavadas son las más económicas y de mas fácil colocación en obra siempre y cuando la madera no sea muy densa, para madera densa es necesario un pretaladrado. Estas uniones no soportan grandes cargas y se utilizan generalmente para edificaciones pequeñas.

El proceso de clavado depende del tipo de madera que se este utilizando, si se emplea madera blanda con densidades entre 0.51 a 0.75 T/m<sup>3</sup> se las puede clavar directamente, mientras que al emplear madera densa como es el caso del Guayacán Pechiche, exige un pretaladrado.

#### 4.4.1.1. Espesor mínimo de la madera

Para impedir que la madera se quiebre o falle antes de ser puesta a funcionamiento, se debe respetar los espesores mínimos. Las ecuaciones 4-1 y 4-2 se pueden utilizar cuando se trabaje con clavos.

$$e_{min} = 6 D \geq 20mm \quad \text{ecu. 4 - 1}$$

$$e_{min} = 7 D \geq 20mm \quad \text{ecu. 4 - 2}$$

**Donde:**

$e_{min}$  = espesor mínimo de madera (mm)

D = diámetro del clavo (mm)

La ecuación 4-1 se la utiliza para maderas blandas (Eucalipto Globulus y Fernansánchez), donde el clavado es directo. La ecuación 4-2 se la utiliza cuando sea necesario el pretaladrado.

Para elementos que constituyen parte de una estructura bajo ningún concepto se utilizará espesores menores a 20mm.

#### 4.4.1.2. Solicitación de extracción lateral

Cuando se trabaja con clavos es necesario por lo menos 4 de estos elementos en cada uno de los planos de cizalle que presentan en una unión clavada de dos o más piezas de madera.

La capacidad admisible de un clavo para este tipo de solicitud se calcula con la ecuación 4-3.

$$P_{cl,ad} = 3.5 \times D^{1.5} \times (\delta)^{0.5} \quad \text{ecu. 4 - 3}$$



**Donde:**

$P_{cl,ad}$  = capacidad admisible de carga en una superficie de cizalle simple

D = diámetro del clavo (mm)

Q=a la carga o esfuerzo perpendicular al grano, y

$\delta$ =densidad de la especie maderera (kg/m<sup>3</sup>)

**4.4.1.3. Solicitación de cizallamiento simple**

El cizalle simple en una unión clavada, debe satisfacer en primera estancia una penetración de clavado, con la ecuación 4-4:

$$p \geq 12D \quad \text{ecu. 4 - 4}$$

En esta condición la capacidad admisible  $P_{cl}$ , no es afectada por ningún factor, caso contrario que ocurre cuando se cumple la condición de la ecuación 4-5.

**Donde:**

p= penetración de clavado, (mm)

D = diámetro del clavo (mm)

En una unión estructural con clavos la penetración efectiva nunca debe ser menor que 6 veces el diámetro del clavo, cuando la profundidad de penetración es tal que cumple con la condición:

$$6D \leq p < 12D \quad \text{ecu. 4 - 5}$$

**Donde:**

p= penetración de clavado, (mm)

D = diámetro del clavo (mm)

La capacidad admisible de carga de  $P_{cl}$ , debe ser afectada por un factor de modificación,  $K_{pcs}$  (ecu. 4-6)

$$K_{pcs} = \frac{p}{12xD} \quad \text{ecu. 4 - 6}$$

**Donde:**

$K_{pcs}$  = factor de modificación

p= penetración de clavado, (mm)

D = diámetro del clavo (mm)

**4.4.1.4. Solicitación de cizallamiento múltiple**

En la condición de cizalle simple la capacidad admisible de cada clavo,  $P_{cl}$ , se calcula con la ecuación 4-7.

$$P_{cl,m,ad} = (m - 0.25)P_{cl,ad} \quad \text{ecu. 4 - 7}$$

**Donde:**

$P_{cl,m,ad}$ =capacidad admisible de carga un una superficie de cizalle múltiple.

$P_{cl,ad}$ = capacidad admisible de carga en una superficie de cizalle simple

m=numero de planos de cizalle

Se considera que para este tipo de cizalle la profundidad de penetración sea mayor que 8 veces el diámetro del clavo.

Si la penetración del clavo cumple con la ecuación 4-8.

$$4D \leq p < 8D \quad \text{ecu. 4 - 8}$$

La capacidad admisible debe ser afectada por un factor de modificación,  $K_{pcd}$  ecuación 4-9.

$$K_{pcd} = \frac{p}{8xD} \quad \text{ecu. 4 - 9}$$

**Donde:**

$K_{pcd}$  = factor de modificación, en cizalle múltiple.

p= penetración de clavado, (mm)

D = diámetro del clavo (mm)

En este caso se debe evaluar la capacidad de carga de cada clavo mediante la ecuación 4-10.

$$P_{clm,ad} = P_{cl,ad} [(m - 1) + 0.75 x K_{pcd}] \quad \text{ecu. 4 - 10}$$

**Donde:**

$P_{cl,m,ad}$ =capacidad admisible de carga un una superficie de cizalle múltiple.

$P_{cl,ad}$ = capacidad admisible de carga en una superficie de cizalle simple

$K_{pcd}$  = factor de modificación, en cizalle múltiple.

m=numero de planos de cizalle

En uniones clavadas estructurales de cizalle múltiple, el clavado debe ejecutarse alternadamente desde ambos lados, para evitar el desprendimiento de este.

#### 4.4.1.5. Clavos en hileras en elementos traccionados

En una unión estructural con clavos, independientemente de la condición de cizalle simple o múltiple, cuando se dispongan mas de 10 calvos, en cada hilera se

debe reducir en 1/3 las capacidades admisibles de los clavos adicionales. Para efectos prácticos la cantidad máxima de clavos por hilera no debe superar a 30.

Además de los factores de modificación (FM) que se han mencionado anteriormente, la capacidad admisible de las uniones clavadas deben ser afectadas por los FM del literal 4.5.

#### 4.4.1.6. Espaciamientos

El tema de espaciamientos mínimos es muy importante en una unión ya que previene rajaduras o grietas, que disminuyen la capacidad admisible de la misma. Una forma muy simple para evitar este problema es considerar el diámetro del clavo  $D$  y el ángulo que forma la fibra respecto a la carga, para esto se puede utilizar la Tabla 4-8.

Separación mínima		Clavado directo (mm)				Clavado con pretaladrado
		$0^\circ \leq \theta < 30^\circ$		$30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$		
		$D \leq 4.2$	$D > 4.2$	$D \leq 4.2$	$D > 4.2$	Para cualquier $\theta$ y $D$
Entre clavos	II a la fibra ( $S_p$ )	10D	12D	10D	12D	5D
	I a la fibra ( $S_n$ )	5D	5D	5D	5D	5D
Desde el borde cargado	II a la fibra ( $S_{bc p}$ )	15D	15D	15D	15D	10D
	I a la fibra ( $S_{bc n}$ )	5D	7D	7D	10D	5D
Desde el borde descargado	II a la fibra ( $S_{bd p}$ )	7D	10D	7D	10D	5D
	I a la fibra ( $S_{bd n}$ )	5D	5D	5D	5D	3D

$\theta$ =ángulo de inclinación respecto a la fibra

$D$ =diámetro del clavo (mm)

**Tabla 4-8: Espaciamientos mínimos (mm), en función del diámetro,  $D$ , del clavo**  
(Tabla tomada de la Norma Chilena NCh1198-2006)

El pretaladrado se realiza generalmente en madera densa (Guayacán Pechiche), y supone que el diámetro del hueco para insertar el clavo debe ser el 80% del

dímetro del mismo, además si se respeta la profundidad de penetración ( $p$ ), su capacidad admisible se la puede incrementar en un 20%.

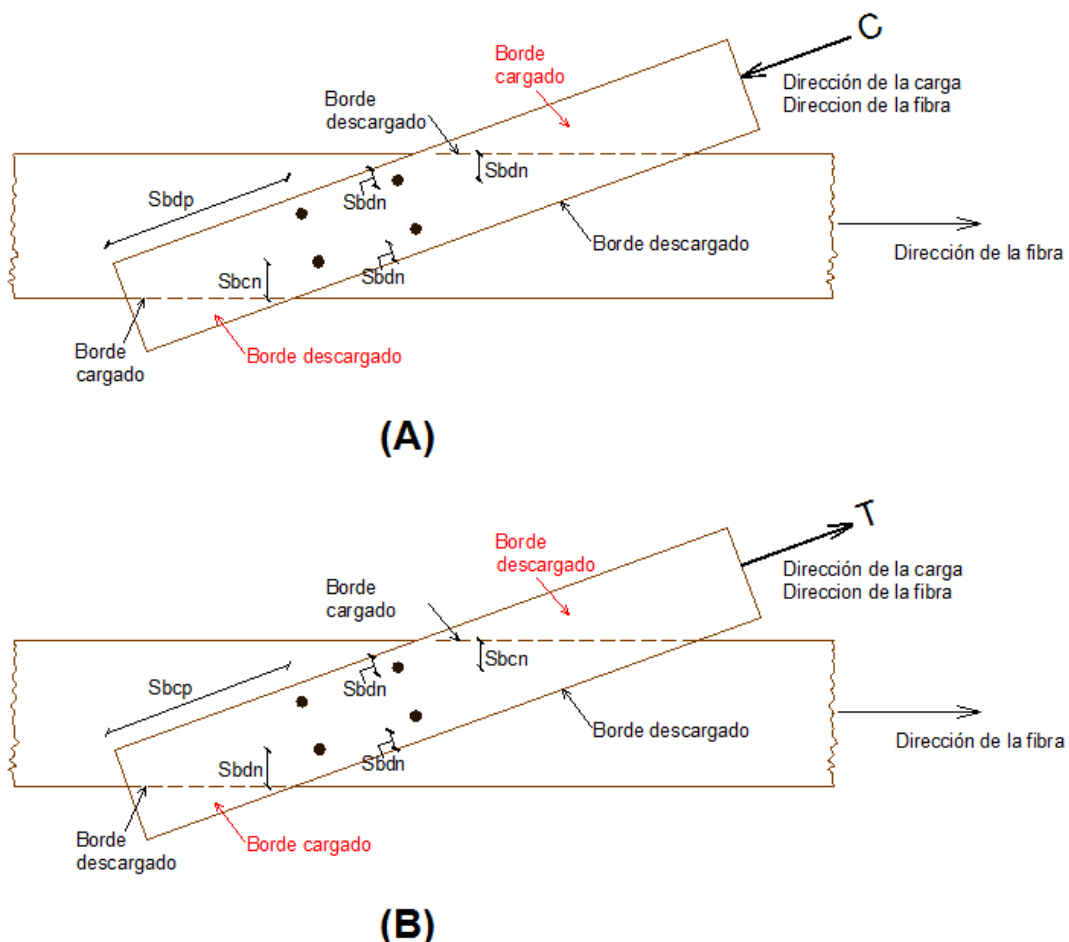
En la figura 4-19, se muestra la manera correcta de colocar los clavos respetando los espaciamientos mínimos, las letras en rojo representan a la pieza solicitante y la letra en negro a la pieza solicitada.

**Pieza solicitante**

Estas piezas son aquellas en que el eje de la carga coincide con el eje de la pieza.

**Pieza solicitada**

Estas piezas son aquellas en que el eje de la carga no coincide con el eje de la pieza.



**Fig. 4-19. Espaciamientos mínimos en una unión a compresión(A) y tracción (B)**

- $S_p$ : espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- $S_n$ : espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección normal a las fibras de la pieza.
- $S_{bc p}$ : espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- $S_{bc n}$ : espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza.
- $S_{bd p}$ : espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- $S_{bd n}$ : espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza.

En la unión de tres miembros, los clavos hincados en lados opuestos, se traslapan en el madero central de la unión, se debe respetar las siguientes recomendaciones:

- Si la punta del calvo dista por lo menos  $8D$  de la superficie de cizalle de los calvos hincados en el lado opuesto se puede repetir el mismo esquema de clavado desde ambos lados.
- Si la penetración,  $p$ , excede el espesor del elemento central,  $e_c$ , se utilizara la Tabla 4-6.
- En situaciones intermedias, esto se produce cuando  $p < e_c < p + 8D$ . Se debe respetar espaciamientos iguales al 50% de los señalados para,  $S_p$ , en la Tabla N°22.

De manera general el espaciamiento máximo entre calvos no debe exceder de 40 veces el diámetro del clavo en la dirección de la fibra y de 20 veces  $D$  en dirección perpendicular de la fibra.

#### 4.4.2. Uniones empernadas

Las cargas admisibles que se presentan son con madera acondicionada a un contenido de humedad aproximadamente igual al que tendrá la unión durante su vida en servicio.

Para uniones con madera verde (humedad del 30% ó más) los valores presentados deberán reducirse en un 40%.

Si la unión se encuentra en un ambiente hostil (intemperie), se deberá tomar solamente el 75% de las cargas admisibles y si la unión estará siempre humedad solo un 67% de dichas cargas.

##### 4.4.2.1. Doble cizallamiento

Las cargas admisibles para uniones de tres elementos solicitados a cizalle doble con carga paralela y perpendicular a la fibra, se dan a continuación en la Tabla 4-9, esta tabla es la presentada en el libro del PADT-REFORT y será comparada con los resultados obtenidos en laboratorio, previamente tabulados para un contenido de humedad del 30% que se presentará en el capítulo 6.

Estas cargas tabuladas se deben emplear siempre y cuando los espesores de los elementos laterales ( $t_1, t_2$ ) son mayores o iguales a la mitad del espesor del miembro central ( $t_c$ ).

$$t_1, t_2 \geq t_c \quad \text{ecu. 4 - 11}$$

Para determinar la carga admisible en uniones empernadas a cizalle doble por una carga cuya dirección forma un ángulo  $\theta$  con la dirección de las fibras de la madera, se puede emplear la fórmula de Hankinson que se indica mas adelante.

Long. (cm)	Díam. (cm)	l/d	GRUPO A		GRUPO B		GRUPO C	
			fibra (kg)	⊥ fibra (kg)	fibra (kg)	⊥ fibra (kg)	fibra (kg)	⊥ fibra (kg)
2	0.53	3.8	195	88	131	58	75	34
	0.95	2.1	297	101	196	67	113	39
	1.27	1.6	396	117	261	78	151	45
	1.59	1.3	495	132	325	88	188	51
3	0.63	4.8	229	124	179	88	113	51
	0.95	3.2	438	152	294	101	169	59
	1.27	2.4	594	176	392	117	226	68
	1.59	1.9	743	198	489	132	282	77
4	0.63	6.3	256	144	200	114	128	68
	0.95	4.2	491	201	386	134	226	78
	1.27	3.1	779	234	522	156	301	91
	1.59	2.5	990	264	653	175	376	102
	1.9	2.1	1188	299	783	199	452	116
5	0.95	5.3	536	226	420	168	268	98
	1.27	3.9	851	293	653	195	376	114
	1.59	3.1	1217	330	816	219	470	128
	1.9	2.6	1485	374	979	248	564	145
6.5	0.95	6.8	594	260	463	206	297	127
	1.27	5.1	943	345	739	253	471	148
	1.59	4.1	1350	428	1061	285	611	165
	1.9	3.4	1809	486	1273	323	734	188
8	0.95	8.4	645	289	501	235	318	156
	1.27	6.3	1024	385	799	303	511	182
	1.59	5.0	1465	481	1148	351	731	205
	1.9	4.2	1963	595	1544	397	903	232
9	0.95	9.5	676	308	523	253	329	169
	1.27	7.1	1072	409	835	326	535	205
	1.59	5.7	1535	512	1200	395	766	230
	1.9	4.7	2057	633	1614	447	1016	261
10	0.95	10.5	704	325	544	270	339	181
	1.27	7.9	1118	433	869	348	555	227
	1.59	6.3	1600	541	1248	426	799	256
	1.9	5.3	2144	669	1679	497	1070	290

**Tabla 4-9: Cargas admisible para uniones empernadas a doble cizallamiento  
(Tabla tomada del libro PADT-REFORT)**



#### 4.4.2.2. Cizalle simple

Para determinar la carga admisible de una unión a cizalle simple, se empleara solo el 50% de capacidad resistente de los valores de la Tabla 4-9.

#### 4.4.2.3. Cizalle múltiple

Para determinar la capacidad admisible para este tipo de unión, será igual a la suma de la resultante de considerar cada plano de cizalle como una unión de cizalle simple.

#### 4.4.2.4. Espaciamientos

Los espaciamientos de uniones con pernos, se establecen en la Tabla 4-10, en la cual se indica en función del diámetro del perno (D).

SEPARACIÓN MÍNIMA		Para cualquier $\theta$ y D
Entre pernos	II a la fibra	4D
	I a la fibra	2D
Desde el borde cargado	II a la fibra	7D
	I a la fibra	4D
Desde el borde descargado	II a la fibra	4D
	I a la fibra	1.5D

$\theta$ =ángulo de inclinación respecto a la fibra

D=diámetro del clavo (mm)

**Tabla 4-10: Espaciamientos mínimos (mm), en función del diámetro, D, del perno (Tabla tomada de la Norma Chilena NCh1198-2006)**

Debido a que la carga se presenta en diferentes ángulos  $\theta$ , con relación a la fibra, es imposible asignar espaciamientos mínimos para cada inclinación  $\theta$ .

#### 4.4.2.5. Consideraciones de taladrado

Cuando se utiliza pernos en una unión de madera, es indispensable pretaladrar antes de colocar el perno. Los agujeros de los pernos deben mayorarse con respecto al diámetro de estos, en una magnitud dependiente del tamaño del perno y de las condiciones de servicio (humedad), de acuerdo con lo que se indica en la Tabla 4-11.

Diámetro del perno (mm)	Humedad de la madera en condiciones de servicio			
	H=6%	H=12%	H=15%	h≥20%
≤20	1.6	0.8	0.8	0.8
20<D≤24	2.5	1.6	0.8	0.8
24<D≤30	2.5	1.6	1.6	0.8

**Tabla 4-11: Mayoración de los diámetros de los agujeros (mm), respecto al diámetro, D del perno (Tabla tomada de la Norma Chilena NCh1198-2006)**

#### 4.4.2.6. Dimensiones mínimas de arandelas

En estructuras de madera es preferible la utilización de arandelas cuadradas antes que las circulares por ofrecer las primeras una mayor resistencia al incrustamiento en la madera. En la tabla 4-12 se indica las dimensiones de las arandelas en función del diámetro del perno.

Diámetro del perno (mm)	10	12	16	20	>20
Espesor de la arandela	5	5	6	6	8
Diámetro externo (circular)	50	55	65	75	95
Lado (cuadrada)	45	50	60	65	85

**Tabla 4-12: Dimensiones mínimas de arandelas para uniones empennadas (mm) (Tabla tomada de la Norma Chilena NCh1198-2006)**

#### 4.5. FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DE LAS UNIONES

Existen numerosos factores que afectan la resistencia de las uniones, la densidad de la especie de madera y la humedad, son quizá los factores mas importantes, además existen otros factores que si no son tomados en cuenta, al momento del diseño de secciones se puede subdimensionar o sobredimensionar algún elemento de la conexión.

Para una conexión, la capacidad de carga del elemento mecánico se define por la ecuación 4-12.

$$Z' = Z(C_D)(C_M)(C_t)(C_g)(C_\Delta)(C_{DC})(C_{CT}) \quad \text{ecu. 4 - 12}$$

**Donde:**

Z'=valor de diseño ajustado para el perno

Z=valor de diseño nominal para el perno

$C_D$  = Factor de duración de carga (Tabla 4-5)

$C_M$  =Factor para cualquier condición especial de humedad, use ecu. 2-3.

$C_t$  = Factor de temperatura para condiciones climáticas extremas

$C_g$  =Factor de acción de grupo para juntas que tengan mas de un elemento de sujeción alineado en la dirección de la carga.

$C_\Delta$  =Factor relacionado con la forma geométrica general de la conexión (fuerza cortante simple o doble, carga excéntrica, etc.)

$C_{CT}$  = Factor por concentraciones de tensiones o esfuerzos

##### 4.5.1. Densidad de la madera

Como ya se menciona en el capítulo 2, existen tres grandes grupos de maderas estructurales. Mientras mas densa es la madera mejor se comporta ante las solicitaciones, para mayor información observar las Tablas 2-14 y 2-15.

#### 4.5.2. Factor de modificación de carga ( $C_D$ )

Los valores en la Tabla 4-13 se basan en la llamada carga de duración normal. Se permite incrementos en los valores de diseño para diferentes grados de carga de duración corta. Podría requerirse reducir algunos valores si la carga se prolonga durante la vida de la estructura (básicamente a la carga muerta)

<b>Factor de modificación respecto a la duración de carga</b>	
<i>Duración de carga y uso general</i>	<i>Factor Cd</i>
Permanente: carga muerta	0.9
Carga viva	1
Carga de nieve o ceniza volcánica	1.15
Viento o sismo	1.6
Impacto: choques, movimiento de equipos	2

**Tabla 4-13: Factor  $C_d$  en función de la duración de carga**

#### 4.5.3. Factor de modificación por humedad ( $C_T$ )

Se puede emplear la ecuación 2-3 o los valores de la Tabla 2-19, estos valores se encuentran en el capítulo 2.

#### 4.5.4. Factor de modificación por temperatura ( $C_D$ )

Cuando la temperatura exceda a los 67°C ó inferior a -180°C, se deben reducir ó aumentar algunos valores. En la Tabla 4-14 se indica este factor de manera muy simplificada y fácil de usar.

<b>Propiedad</b>	<b>Contenido de humedad %</b>	<b>Incremento</b>	<b>Decremento</b>
		<b>20 a -180°C</b>	<b>&gt;67°C</b>
Modulo de elasticidad	0	0.0007	-0.0007
	12	0.0027	-0.0038
Propiedades mecánicas	0	0.0031	-0.0031
	12	0.0058	-0.0088

**Tabla 4-14: Factor  $C_d$  en función del incremento o decremento de temperatura**

#### 4.5.5. Factor de modificación por acción de grupos ( $C_G$ )

Al colocar en una unión dos o más elementos de fijación de igual tamaño la carga no se distribuye de manera uniforme, las fijaciones ubicadas en los extremos tienen a absorber mayores esfuerzos que las fijaciones intermedias. Por este motivo, la eficiencia de la unión se reduce conforme se aumente el número de fijaciones.

<b>Factor de reducción en función del número de elementos de fijación por línea paralela</b>	
<i>Número de elementos</i>	<i>Factor de modificación</i>
2	1
3	0.92
4	0.84
5	0.76
6	0.68

**Tabla 4-15: Factor de modificación  $C_G$  en función del número de elementos por hilera**

#### 4.5.6. Factor de modificación por simple, doble cizallamiento o excentricidades ( $C_\Delta$ )

Este factor de modificación es muy usual en las uniones de madera, generalmente es preferible utilizar una unión con tres elementos ya que su capacidad de carga se eleva. El factor de modificación  $C_\Delta$  se indica en la Tabla 4-16.

<b>Factor de modificación para cargas para uniones sometidas a cizallamiento</b>	
<i>Tipo de cizalle</i>	<i>Factor <math>C_\Delta</math></i>
Simple, clavo perpendicular al grano	1
Simple, clavo paralelo al grano	0.67
Doble	1.8
<b>Excentricidades</b>	0.83

**Tabla 4-16: Factor de modificación  $C_\Delta$  en función de cizallamiento simple o doble y Por excentricidades**

#### 4.5.7. Factor de modificación por concentración de tensiones o esfuerzos ( $C_{CT}$ ).

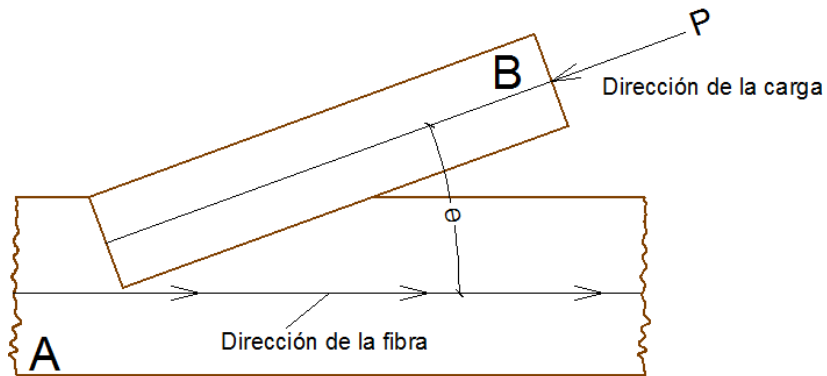
El factor de modificación que considera el efecto de las concentraciones de tensiones en regiones traccionadas de la madera con perforaciones, vaciados, entalladuras, etc. En la Tabla 4-17 se puede utilizar diferentes valores que reducen la capacidad admisible de la unión.

Tipo de perforación	Factor $C_{CT}$
Perforaciones pequeñas (Clavos)	0.8
Perforaciones individuales mayores (pernos)	0.7
Conectores de anillo	0.5
Ranuras longitudinales: espesor $\leq 5\text{mm}$	0.8
Ranuras longitudinales: espesor $\geq 10\text{mm}$	0.7

**Tabla 4-17: Factor de modificación  $C_{CT}$  por concentraciones de esfuerzos**

#### 4.5.8. Carga de acuerdo a la dirección de la fibra ( $C_{\theta}$ ).

Para la condición mostrada en la Fig. 4-15, la carga del miembro B ejerce un esfuerzo de compresión sobre el miembro A, en una superficie inclinada con respecto a la fibra. Para determinar este factor es necesario conocer los esfuerzos admisibles de los grupos de madera para la dirección paralela a la fibra y perpendicular a ella. Una manera muy simplificada para determinar dicho factor es con el uso de la ecuación 4-13, esta es la fórmula de Hankinson:



**Figura 4-20: Generación del esfuerzo oblicuo a la fibra en miembros de madera**

$$C_{\theta} = \frac{PQ}{P \sin^2 \theta + Q \cos^2 \theta} \quad \text{ecu. 4 - 13}$$

**Donde:**

$\Theta$  = ángulo de inclinación en respecto a la fibra

P = carga o esfuerzo paralelo a la fibra

Q = a la carga o esfuerzo perpendicular a la fibra, y

$C_{\theta}$  = carga o esfuerzo al ángulo de inclinación  $\theta$

## CAPÍTULO 5

### ENSAYOS EN UNIONES CLAVADAS Y EMPERNADAS

Todos los ensayos realizados en este Capítulo corresponde a las maderas: Guayacán Pechiche, Eucalipto Globulus y Fernansánchez. Puede provocarse alguna confusión, por ejemplo en el país existen dos clases de Eucalipto, el que se produce en la Sierra que es la presentada en esta tesis y la de la Costa.

#### 5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D4442)

Antes de iniciar con los ensayos de compresión en uniones clavadas y empernadas, es muy importante determinar el contenido de humedad de las probetas a ensayar, ya que este valor de humedad se interpola y es utilizado para determinar capacidad admisible de las uniones en estado verde ( $H=30\%$ ).

##### 5.1.1. Alcance

Este método de ensayo incluye la determinación del contenido de humedad (%H) de madera solida. Para la determinación de la humedad se describe los métodos primario (A) y secundarios (B hasta D).



Método A – Primario método horno de Secado.

Método B - Secundario método horno de Secado.

Método C – Secundario método destilación.

Método D – Otros métodos secundarios.

El método utilizado en esta tesis será el (A), ya que se lo utiliza para fines investigativos donde se requiere la mas alta precisión.

### **5.1.2. Objetivo**

Determinar la masa de agua en porcentaje, después de secar las probetas al horno a masa constante para las maderas: Guayacán Pechice, Eucalipto Globulus y Fernansánchez.

Masa constante es una terminología utilizada cuando la probeta es sometida al secado, y después de 2 medidas en un tiempo determinado ya no existe una gran variación de la masa.

Para mas información sobre la norma, se la puede encontrar en los anexos de esta tesis.

### **5.1.3. Equipo**

El equipo que se necesita es el que se detalla a continuación:

#### **5.1.3.1. Horno**

Se requiere un horno que pueda mantener una temperatura de  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante todo el secado, (ver Foto 5-1).



*Foto 5-1. Horno de aire forzado del Laboratorio de Suelos, Hormigos y Asfaltos de la ESPE*

#### 5.1.3.2. Balanza

La balanza utilizada debe ser de una precisión de 0.1g, (ver Foto 5-1).



*Foto 5-2. Balanza digital Laboratorio de Suelos, Hormigos y Asfaltos de la ESPE*

#### 5.1.4. Acondicionamiento de las probetas

Después de la realización de las pruebas mecánicas, inmediatamente se debe determinar el contenido de humedad. Las piezas ensayadas deben ser tomadas

cerca del lugar de falla de las probetas y almacenadas en un ambiente en el cual el contenido de humedad permanezca sin cambios.

### 5.1.5. Procedimiento

Las probetas deben ser pesadas con una precisión de 0.1g y luego deben ser colocadas dentro del horno.



*Foto 5-3. Muestras dentro del horno*

Se determina que la muestra ya se encuentra seca cuando la pérdida de la masa en un intervalo de 3 horas es igual o menor 0.2g.

Esta norma considera que para probetas de 125 cm<sup>3</sup>, en un tiempo máximo de 24 horas la madera ya se encuentra seca.

### 5.1.6. Calculo de datos

El contenido de humedad se lo expresa en porcentaje de la perdida de la masa seca y debe ser calculado mediante la ecuación 5-1.

$$\%H = \frac{A - B}{B} \times 100 \quad \text{ecu. 5 - 1}$$

**Donde:**

A= masa original, (g)

B= masa seca al horno, (g)

### 5.1.7. Reporte de resultados

Se presenta en las Tabla 5-1 hasta la 5-22, un resumen de los valores obtenidos en laboratorio.

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
RLG 1	89.11	77.11	15.562184	15.12
RLG 2	89.37	77.95	14.650417	
RLG 3	90.59	78.57	15.29846	
RLG 4	80.25	69.47	15.51749	
RLG 5	94.96	82.9	14.547648	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
RLE 1	74.73	60.05	24.45	23.44
RLE 2	75.38	62.44	20.72	
RLE 3	78.83	63.53	24.08	
RLE 4	76.98	63.02	22.15	
RLE 5	78.02	62.03	25.78	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
RLF 1	56.18	48.47	15.906746	15.94
RLF 2	56.64	48.67	16.375591	
RLF 3	59.21	51	16.098039	
RLF 4	59.71	51.49	15.964265	
RLF 5	59.86	51.89	15.359414	

**Tabla 5-1. Contenido de humedad para el ensayo de resistencia lateral en clavos.**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<i>Fecha de ensayo: 20-03-2011</i>				
<b>GUAYACAN</b>				
EXG 1	94.67	82.52	14.72	15.15
EXG 2	100.93	88.34	14.25	
EXG 3	73.52	63.99	14.89	
EXG 4	89.89	77.57	15.88	
EXG 5	102.26	89.18	14.67	
EXG 6	102.78	89.9	14.33	
EXG 7	87.45	76.44	14.40	
EXG 8	89.18	76.4	16.73	
EXG 9	87.05	74.8	16.38	
EXG 10	104.82	91.15	15.00	
EXG 11	95.31	82.39	15.68	
EXG 12	98.11	85.44	14.83	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EXE 1	86.34	68.84	25.42	23.90
EXE 2	77.94	62.86	23.99	
EXE 3	82.34	66.92	23.04	
EXE 4	79.69	66.19	20.40	
EXE 5	86.58	70.22	23.30	
EXE 6	85.68	68.12	25.78	
EXE 7	93.29	74.75	24.80	
EXE 8	94.18	75.43	24.86	
EXE 9	90.68	73.25	23.80	
EXE 10	87.32	70.22	24.35	
EXE 11	94.32	75.55	24.84	
EXE 12	89.08	72.85	22.28	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EXF 1	64.49	55.77	15.64	16.14
EXF 2	61.94	53.72	15.30	
EXF 3	78.75	68.32	15.27	
EXF 4	60.3	51.99	15.98	
EXF 5	62.54	53.84	16.16	
EXF 6	58.62	50.86	15.26	
EXF 7	63.17	53.9	17.20	
EXF 8	64.44	55.32	16.49	
EXF 9	64.31	54.87	17.20	
EXF 10	62.99	53.79	17.10	
EXF 11	64.88	55.55	16.80	
EXF 12	62.97	54.64	15.25	

**Tabla 5-2. Contenido de humedad para el ensayo de extracción de clavos.**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	% H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 90°	71.38	62.99	13.32	15.08
CG 2 90°	69.74	61.14	14.07	
CG 3 90°	84.56	73.66	14.80	
CG 4 90°	76.49	65.55	16.69	
CG 5 90°	68.96	59.18	16.53	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 90°	70.27	57.45	22.32	28.33
CE 2 90°	77.78	56.89	36.72	
CE 3 90°	86.36	69.26	24.69	
CE 4 90°	66.23	51.79	27.88	
CE 5 90°	87.87	67.58	30.02	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 90°	50.59	43.53	16.22	15.97
CF 2 90°	41.67	35.77	16.49	
CF 3 90°	43.27	37.27	16.10	
CF 4 90°	40.78	35.38	15.26	
CF 5 90°	42.04	36.31	15.78	

**Tabla 5-3. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 90°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	% H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 80°	62.8	54.42	15.40	16.37
CG 2 80°	54.05	47.15	14.63	
CG 3 80°	51.51	43.77	17.68	
CG 4 80°	57.28	48.77	17.45	
CG 5 80°	59.1	50.65	16.68	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 80°	52.54	41.62	26.24	24.08
CE 2 80°	55.33	44.97	23.04	
CE 3 80°	54.74	43.52	25.78	
CE 4 80°	56.78	46.58	21.90	
CE 5 80°	56.23	45.55	23.45	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 80°	36.06	31.21	15.54	15.76
CF 2 80°	36.62	31.29	17.03	
CF 3 80°	40.65	35.31	15.12	
CF 4 80°	34.39	29.76	15.56	
CF 5 80°	33.27	28.79	15.56	

**Tabla 5-4. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 80°**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	% H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 70°	60.35	52.78	14.34	16.29
CG 2 70°	68.81	58.34	17.95	
CG 3 70°	71.4	61.58	15.95	
CG 4 70°	74.52	63.79	16.82	
CG 5 70°	78.48	67.44	16.37	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 70°	62.77	50.73	23.73	24.01
CE 2 70°	62.66	50.04	25.22	
CE 3 70°	70.66	56.36	25.37	
CE 4 70°	79.92	64.05	24.78	
CE 5 70°	63.68	52.65	20.95	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 70°	40.74	35.12	16.00	15.40
CF 2 70°	39.31	34.02	15.55	
CF 3 70°	42.58	37.27	14.25	
CF 4 70°	40.16	35.03	14.64	
CF 5 70°	37.93	32.54	16.56	

**Tabla 5-5. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 70°:**



MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 60°	81.63	69.83	16.90	16.35
CG 2 60°	92.87	79.98	16.12	
CG 3 60°	77.77	66.71	16.58	
CG 4 60°	71.25	60.98	16.84	
CG 5 60°	71.88	62.34	15.30	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 60°	65.11	52.47	24.09	24.79
CE 2 60°	63.81	50.49	26.38	
CE 3 60°	70.99	56.36	25.96	
CE 4 60°	55.15	44.52	23.88	
CE 5 60°	68.53	55.42	23.66	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 60°	47.49	40.91	16.08	15.28
CF 2 60°	43.58	38.21	14.05	
CF 3 60°	48.55	41.96	15.71	
CF 4 60°	40.34	35.02	15.19	
CF 5 60°	38.47	33.35	15.35	

**Tabla 5-6. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 60°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 50°	77.65	67.38	15.24	15.67
CG 2 50°	81.23	71.24	14.02	
CG 3 50°	74.01	63.41	16.72	
CG 4 50°	94.06	82.11	14.55	
CG 5 50°	69.53	59.01	17.83	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 50°	59.34	48.15	23.24	24.12
CE 2 50°	59.83	47.87	24.98	
CE 3 50°	61.65	49.64	24.19	
CE 4 50°	71.45	57.32	24.65	
CE 5 50°	53.28	43.13	23.53	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 50°	28.13	23.76	18.39	15.57
CF 2 50°	26.33	22.78	15.58	
CF 3 50°	46.02	40.02	14.99	
CF 4 50°	46.43	39.79	16.69	
CF 5 50°	25.39	22.63	12.20	

**Tabla 5-7. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 50°**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 40°	66.43	56.16	18.29	17.75
CG 2 40°	81.29	68.9	17.98	
CG 3 40°	67.43	57.48	17.31	
CG 4 40°	79.45	67.43	17.83	
CG 5 40°	61.03	52	17.37	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 40°	46.6	36.92	26.22	24.67
CE 2 40°	79.56	63.94	24.43	
CE 3 40°	55.5	43.95	26.28	
CE 4 40°	86.34	69.89	23.54	
CE 5 40°	84.36	68.66	22.87	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 40°	41	35.11	16.78	17.06
CF 2 40°	32.64	27.92	16.91	
CF 3 40°	31.95	27.22	17.38	
CF 4 40°	48.24	41.22	17.03	
CF 5 40°	33.36	28.46	17.22	

**Tabla 5-8. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 40°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 30°	91.07	79.13	15.09	15.77
CG 2 30°	88.34	75.88	16.42	
CG 3 30°	58.12	49.95	16.36	
CG 4 30°	84.14	72.28	16.41	
CG 5 30°	88.28	77.04	14.59	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 30°	68.22	58.34	16.94	23.61
CE 2 30°	78.52	62.55	25.53	
CE 3 30°	54.02	43.17	25.13	
CE 4 30°	76.07	61.5	23.69	
CE 5 30°	86.88	68.53	26.78	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 30°	42.3	36.63	15.48	16.06
CF 2 30°	42.4	36.9	14.91	
CF 3 30°	47.02	40.53	16.01	
CF 4 30°	36.95	31.54	17.15	
CF 5 30°	46.6	39.92	16.73	

**Tabla 5-9. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 30°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 20°	79.41	69.27	14.64	15.20
CG 2 20°	64.54	56.28	14.68	
CG 3 20°	89.36	77.51	15.29	
CG 4 20°	90.56	78.57	15.26	
CG 5 20°	92.47	79.61	16.15	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 20°	67.89	54.91	23.64	24.09
CE 2 20°	65.68	53.29	23.25	
CE 3 20°	71.99	58.07	23.97	
CE 4 20°	80.75	65.09	24.06	
CE 5 20°	72.86	58.05	25.51	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 20°	71.93	62.36	15.35	15.23
CF 2 20°	47.9	41.86	14.43	
CF 3 20°	56.43	48.96	15.26	
CF 4 20°	48.46	41.55	16.63	
CF 5 20°	42.26	36.92	14.46	

**Tabla 5-10. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 20°**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 10°	66.98	57.78	15.92	15.70
CG 2 10°	62.34	53.94	15.57	
CG 3 10°	61.7	53.14	16.11	
CG 4 10°	62.4	53.99	15.58	
CG 5 10°	58.53	50.75	15.33	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 10°	53.85	42.92	25.47	24.36
CE 2 10°	56.98	46.02	23.82	
CE 3 10°	48.91	39.69	23.23	
CE 4 10°	48.49	38.51	25.92	
CE 5 10°	44.06	35.72	23.35	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 10°	29.8	25.87	15.19	16.00
CF 2 10°	35.06	30.44	15.18	
CF 3 10°	38.25	32.78	16.69	
CF 4 10°	34.6	30.03	15.22	
CF 5 10°	35.69	30.31	17.75	

**Tabla 5-11. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 10°**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
CG 1 0°	59.79	53.14	12.51	14.77
CG 2 0°	66.14	57.03	15.97	
CG 3 0°	53.03	45.77	15.86	
CG 4 0°	53.86	46.68	15.38	
CG 5 0°	51.44	45.08	14.11	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
CE 1 0°	59.27	44.69	32.62	25.21
CE 2 0°	51.18	42.35	20.85	
CE 3 0°	48.97	40.23	21.73	
CE 4 0°	50.74	39.39	28.81	
CE 5 0°	49.87	40.87	22.02	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
CF 1 0°	29.4	25.26	16.39	16.62
CF 2 0°	26.5	22.67	16.89	
CF 3 0°	32.5	27.79	16.95	
CF 4 0°	29.1	25.22	15.38	
CF 5 0°	27.09	23.06	17.48	

**Tabla 5-12. Contenido de humedad para el ensayo de uniones clavadas a 0°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	% H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 90°	79.92	68.36	16.91	15.77
EG 2 90°	77.63	67.2	15.52	
EG 3 90°	83.24	72.29	15.15	
EG 4 90°	62.95	54.56	15.38	
EG 5 90°	62.2	53.68	15.87	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 90°	67.12	54.24	23.75	24.84
EE 2 90°	78.98	62.55	26.27	
EE 3 90°	60.19	47.57	26.53	
EE 4 90°	59.22	47.67	24.23	
EE 5 90°	78	63.2	23.42	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 90°	45.59	39.03	16.81	16.42
EF 2 90°	46.78	40.45	15.65	
EF 3 90°	40.88	34.52	18.42	
EF 4 90°	35.45	30.69	15.51	
EF 5 90°	45.35	39.2	15.69	

**Tabla 5-13. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 90°:**



MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	% H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 80	63.36	54.72	15.79	15.84
EG 2 80	57.43	49.58	15.83	
EG 3 80	60.71	51.9	16.97	
EG 4 80	65.46	56.65	15.55	
EG 5 80	60.31	52.41	15.07	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 80	52.27	39.8	31.33	24.98
EE 2 80	55.45	44.56	24.44	
EE 3 80	46.74	37.52	24.57	
EE 4 80	47.18	37.96	24.29	
EE 5 80	51.46	42.79	20.26	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 80	36.96	31.84	16.08	16.15
EF 2 80	27.74	24.03	15.44	
EF 3 80	35.81	30.65	16.84	
EF 4 80	35.71	30.57	16.81	
EF 5 80	28.69	24.82	15.59	

**Tabla 5-14. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 80°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	% H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 20-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 70°	79.48	68.64	15.79	14.83
EG 2 70°	81.5	71.19	14.48	
EG 3 70°	82.36	70.79	16.34	
EG 4 70°	80.44	69.6	15.57	
EG 5 70°	72.01	64.33	11.94	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 70°	75.88	60.82	24.76	24.14
EE 2 70°	67.79	54.75	23.82	
EE 3 70°	70.97	57.43	23.58	
EE 4 70°	73.2	58.23	25.71	
EE 5 70°	74.99	61.05	22.83	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 70°	46.24	39.85	16.04	15.96
EF 2 70°	46.35	39.81	16.43	
EF 3 70°	39.56	34.07	16.11	
EF 4 70°	38.76	33.49	15.74	
EF 5 70°	48.26	41.78	15.51	

**Tabla 5-15. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 70°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 60°	79.7	69.5	14.68	15.48
EG 2 60°	73.26	62.79	16.67	
EG 3 60°	89.01	77.33	15.10	
EG 4 60°	75.25	65.27	15.29	
EG 5 60°	78.92	68.23	15.67	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 60°	74.57	59.75	24.80	23.59
EE 2 60°	65.69	53.42	22.97	
EE 3 60°	66.08	53.43	23.68	
EE 4 60°	80.7	64.95	24.25	
EE 5 60°	65.89	53.89	22.27	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 60°	49.23	41.72	18.00	15.40
EF 2 60°	37.24	31.77	17.22	
EF 3 60°	40.7	37.98	7.16	
EF 4 60°	58.17	49.47	17.59	
EF 5 60°	53.42	45.65	17.02	

**Tabla 5-16. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 60°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 50°	51.71	44.66	15.79	14.72
EG 2 50°	63.92	56.74	12.65	
EG 3 50°	57.56	49.37	16.59	
EG 4 50°	72.82	64.39	13.09	
EG 5 50°	78.92	68.34	15.48	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 50°	49.25	38.54	27.79	25.11
EE 2 50°	63.64	51.01	24.76	
EE 3 50°	63.03	50.54	24.71	
EE 4 50°	58.54	47.42	23.45	
EE 5 50°	53.15	42.57	24.85	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 50°	39.34	34.23	14.93	16.76
EF 2 50°	46.09	39.45	16.83	
EF 3 50°	47.2	40.28	17.18	
EF 4 50°	32.91	28.19	16.74	
EF 5 50°	53.01	44.87	18.14	

**Tabla 5-17. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 50°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 40°	80.51	70.56	14.10	14.34
EG 2 40°	82.98	73.21	13.35	
EG 3 40°	76.43	67.11	13.89	
EG 4 40°	97.8	84.84	15.28	
EG 5 40°	74.2	64.47	15.09	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 40°	44.87	35.68	25.76	25.44
EE 2 40°	57.81	46.22	25.08	
EE 3 40°	63.69	50.3	26.62	
EE 4 40°	52.43	41.92	25.07	
EE 5 40°	56.2	45.08	24.67	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 40°	30.78	26.59	15.76	17.19
EF 2 40°	40.05	34.11	17.41	
EF 3 40°	35.98	30.54	17.81	
EF 4 40°	40.97	34.52	18.68	
EF 5 40°	27.06	23.27	16.29	

**Tabla 5-18. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 40°.**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 30°	92.13	79.79	15.47	15.33
EG 2 30°	78.98	68.57	15.18	
EG 3 30°	73.05	63.27	15.46	
EG 4 30°	87.94	76.86	14.42	
EG 5 30°	81.43	70.13	16.11	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 30°	72.3	59.29	21.94	24.15
EE 2 30°	59.78	48.37	23.59	
EE 3 30°	85.8	67.96	26.25	
EE 4 30°	72.76	58.39	24.61	
EE 5 30°	83.37	67.05	24.34	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 30°	42.7	37.11	15.06	15.58
EF 2 30°	38.2	32.94	15.97	
EF 3 30°	46.18	39.96	15.57	
EF 4 30°	44.9	38.92	15.36	
EF 5 30°	45.22	39.01	15.92	

**Tabla 5-19. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 30°.**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 20°	88.14	77.1	14.32	14.89
EG 2 20°	89.32	78.42	13.90	
EG 3 20°	75.85	65.98	14.96	
EG 4 20°	87.51	75.48	15.94	
EG 5 20°	84.52	73.29	15.32	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 20°	66.92	54	23.93	25.30
EE 2 20°	70.19	55.59	26.26	
EE 3 20°	47.05	37.63	25.03	
EE 4 20°	63.02	49.98	26.09	
EE 5 20°	73.46	58.67	25.21	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 20°	56.19	48.52	15.81	16.36
EF 2 20°	49.69	42.93	15.75	
EF 3 20°	52.56	44.95	16.93	
EF 4 20°	46.94	40.34	16.36	
EF 5 20°	58.24	49.79	16.97	

**Tabla 5-20. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 20°:**

MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 10°	80.77	70.68	14.28	15.00
EG 2 10°	61.52	53.72	14.52	
EG 3 10°	61.63	53.23	15.78	
EG 4 10°	54.92	47.62	15.33	
EG 5 10°	69.89	60.73	15.08	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 10°	46	36.95	24.49	23.92
EE 2 10°	47.21	38.44	22.81	
EE 3 10°	45.36	35.86	26.49	
EE 4 10°	67.89	54.65	24.23	
EE 5 10°	46.4	38.17	21.56	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 10°	40.34	34.78	15.99	15.95
EF 2 10°	40.03	34.62	15.63	
EF 3 10°	34.45	29.5	16.78	
EF 4 10°	38.76	33.56	15.49	
EF 5 10°	27.46	23.7	15.86	

**Tabla 5-21. Contenido de humedad para el ensayo de uniones emperradas a 10°:**



MUESTRA N°	PH (g)	PS (g)	%H	PROMEDIO %H
<b>Fecha de ensayo: 21-03-2011</b>				
<b>GUAYACAN</b>				
EG 1 0°	68.91	60.05	14.75	15.04
EG 2 0°	60.37	52.79	14.36	
EG 3 0°	46.89	40.95	14.51	
EG 4 0°	49.69	42.92	15.77	
EG 5 0°	64.25	55.49	15.79	
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>				
EE 1 0°	54.83	44.57	23.02	24.39
EE 2 0°	51.57	41.28	24.93	
EE 3 0°	51.15	41.29	23.88	
EE 4 0°	55.45	44.23	25.37	
EE 5 0°	42.25	33.87	24.74	
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>				
EF 1 0°	32.29	27.69	16.61	17.36
EF 2 0°	30.12	26.1	15.40	
EF 3 0°	30.11	25.71	17.11	
EF 4 0°	35.19	29.67	18.60	
EF 5 0°	37.26	31.29	19.08	

**Tabla 5-22. Contenido de humedad para el ensayo de uniones empernadas a 0°:**

En la Tabla 5-23 se presenta un promedio de todos los contenidos de humedad, estos valores se emplearán para reducir la capacidad admisible de las cargas en función del contenido de humedad, ya que todos los valores de cargas admisibles en uniones serán presentadas con madera en estado verde (%H030%).

MADERA	% PROMEDIO H
Guayacán	16.00
Eucalipto Globulus	25.00
Fernansánchez	16.00

**Tabla 5-23. Promedios de contenido de humedad**

## 5.2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Todos los ensayos que se presentan a continuación se basan en la Norma de ASTM D1761, en la cual establece las dimensiones de las probetas (para los ensayos de extracción y resistencia lateral), equipos y como reportar los datos. Los ensayos deben ser acondicionados en una habitación con una temperatura controlada de  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ( $68 \pm 6^{\circ}\text{F}$ ) y una humedad controlada relativa de  $65 \pm 3\%$  por un período suficientemente largo como para llevarlos a la aproximación de equilibrio. Para la mayoría de las especies de madera, la exposición a estas condiciones dará lugar a un contenido de humedad de aproximadamente el 12%.



**Foto 5-4. Medidor de humedad y temperatura (Laboratorio de Resistencias de Materiales de la ESPE)**

### 5.3. ENSAYOS PRELIMINARES

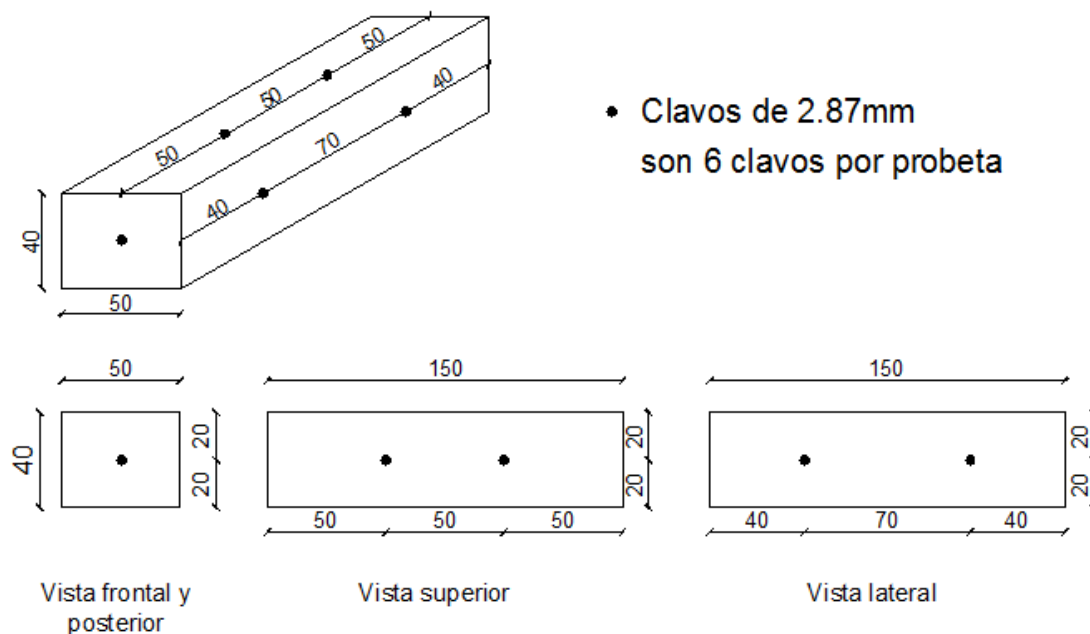
Dentro de los ensayos preliminares, se encuentra el ensayo de extracción de clavos y resistencia lateral en clavos.

#### 5.3.1. Ensayo de extracción de clavos

La resistencia a la retirada directa de clavos, de una especie de madera es una medida de su capacidad de mantener o mantenerse fijo a un objeto por medio de sujetadores.

##### 5.3.1.1. Dimensiones de la probeta

Las dimensiones de dichas probetas son establecidas en la Norma ASTM D1761, la dimensión se presenta a continuación.



**Fig. 5-1. Dimensiones de la probeta para la extracción directa de clavos**

### 5.3.1.2. Especificaciones del equipo de laboratorio

Nombre: máquina de ensayo universales

Marca: Amsler

Modelo: FM-1033

Voltaje: 220V

Capacidad máxima: compresión 200Ton y tracción 10t



**Foto 5-5. Máquina de ensayos universales del laboratorio de Resistencia de Materiales de la ESPE**

Esta máquina cumple con las especificaciones de la presenta norma.

### 5.3.1.3. Resumen del método de ensayo

Las muestras consisten en prismas de madera o con productos con base de madera, con clavos, grapas o tornillos colocados en ángulos derechos en una o más caras. Los sujetadores se retiran en una tasa uniforme de velocidad por medio de una máquina de ensayo, y la carga máxima se registra. Propiedades físicas suplementarias para madera y productos con base de madera son determinadas.

Para las pruebas básicas de extracción en madera, el prisma de madera será de 2 por 2 por 6 pulgadas (50 por 50 por 150 mm). Los clavos deberán ser introducidos en ángulo recto a la cara de la pieza en una profundidad total de 1 1/4 pulgadas (32 mm). Los clavos deberán ser conducidos en una superficie tangencial, dos en una superficie radial, y una en cada extremo.

Para mas información sobre la Norma ASTM D1761 se la puede encontrar en los anexos de esta tesis.

### 5.3.1.4. Reporte de datos

En total se realizaron 12 ensayos para cada tipo de madera (Guayacán, Eucalipto Globulus y Fernansánchez), para cada probeta se realizo el ensayo de resistencia a la extracción, a cada espécimen se les retiro 6 clavos, dos en la dirección paralela a la fibra y 4 en la dirección perpendicular.



**Foto 5-6. Especimen 8 de Eucalipto Globulus para el ensayo de resistencia a la extracción.**

MUESTRA	DIMENSIONES REALES						CARGA MÁXIMA						CARGA PROMEDIO (kg)	
	Largo		Ancho		Prof.		PARALELA		PERPENDICULAR				Paralela	Perpendicular
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4		

Fecha de ensayo: 09-03-2011

GUAYACÁN														
EXG1	150.29	150.1	51.33	48.1	40.89	40.62	224	245	267	250	243	239	225	242
EXG2	150.21	150.51	51.69	51.56	39.7	40.31	217	223	246	269	215	227		
EXG3	149.85	150.23	51.66	51.59	39.97	39.61	216	205	246	199	250	225		
EXG4	150.22	150.19	50.61	50.83	40.21	39.76	230	234	220	270	218	232		
EXG5	150.21	149.76	51.81	51.63	40.18	38.62	202	217	203	197	205	241		
EXG6	150.26	150.75	51.53	51.59	40.04	40.31	226	235	213	219	256	263		
EXG7	150.21	150.31	52.08	51.43	38.7	38.6	234	224	209	234	263	278		
EXG8	145.3	149.95	46.09	45.93	35.3	35.05	227	217	250	210	249	239		
EXG9	149.99	150.11	51.26	51.45	40.41	39.6	208	205	261	292	247	235		
EXG10	151.19	150.13	51.71	51.17	40.32	40.06	215	203	208	213	230	248		
EXG11	150.32	150.05	51.24	51.83	40.52	40.75	224	244	289	225	243	248		
EXG12	150.3	150.56	51.38	51.73	40.38	39.87	243	275	267	255	295	303		

Tabla 5-24. Cargas últimas de ensayos de extracción de clavos en GUAYACÁN

MUESTRA	DIMENSIONES REALES						CARGA MÁXIMA						CARGA PROMEDIO (kg)	
	Largo		Ancho		Prof.		PARALELA		PERPENDICULAR				Paralela	Perpendicular
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4		
<b>EUCALIPTO GLOBULUS</b>														
EXE1	150.75	150.79	49.99	49.77	38.47	39.37	115	121	163	120	172	169	117	170
EXE2	149.99	150.03	51.64	51.72	38.22	38.81	102	129	167	170	170	170		
EXE3	150.33	150.41	50.88	50.34	39.95	39.55	116	117	174	162	199	212		
EXE4	150.54	150.19	49.74	50.31	38.02	38.45	132	129	167	160	191	219		
EXE5	150.34	150.4	50.99	51.39	39.12	39.76	119	118	165	159	182	178		
EXE6	150.38	150.31	49.97	50.93	37.96	38.6	109	103	159	147	174	173		
EXE7	150.47	149.98	49.21	49.72	38.3	38.52	123	110	115	129	185	192		
EXE8	150.31	149.95	51.3	50.89	39.46	39.88	128	125	157	156	182	199		
EXE9	150.44	150.26	50.5	49.3	37.91	39.01	125	108	155	178	172	160		
EXE10	150.13	150.35	51.5	51.03	39.01	37.81	104	122	156	179	167	170		
EXE11	150.65	150.21	50.85	50.8	39.77	39.54	100	127	167	169	174	172		
EXE12	150.72	150.23	49.17	49.95	38.31	39.19	108	113	150	167	183	183		

**Tabla 5-25. Cargas últimas de ensayos de extracción de clavos en EUCALIPTO GLOBULUS**

MUESTRA	DIMENSIONES REALES						CARGA MÁXIMA						CARGA PROMEDIO (kg)	
	Largo		Ancho		Prof.		PARALELA		PERPENDICULAR				Paralela	Perpendicular
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4		
<b>FERNANSÁNCHEZ</b>														
EXF1	149.73	150.2	50.7	50.7	39.99	40.3	158	132	181	200	170	157	129	172
EXF2	150.25	150.03	51.01	50.28	40.28	40.51	134	144	165	158	150	134		
EXF3	150.26	149.74	50.85	49.84	40.5	40.12	140	130	173	172	193	210		
EXF4	150.18	150.49	50.66	50.64	40.35	40.41	112	118	177	157	171	157		
EXF5	150.09	150.43	50.66	50.35	40.35	40.38	128	139	150	154	211	202		
EXF6	150.16	150	50.75	51.04	39.91	39.45	130	117	127	131	187	176		
EXF7	150.02	150.27	50.98	50.7	39.92	39.97	119	102	170	171	224	206		
EXF8	149.91	150.24	50.7	50.59	39.83	39.91	140	128	179	170	189	200		
EXF9	149.89	150.23	50.41	50.16	40.13	40.3	129	101	168	161	200	185		
EXF10	149.89	150.5	51.04	50.91	39.89	39.81	125	132	159	161	186	195		
EXF11	150.15	150.03	50.86	50.43	39.98	40.37	130	143	170	172	174	165		
EXF12	150.23	149.79	50.34	50.02	39.81	40.05	125	138	140	140	156	153		

**Tabla 5-26. Cargas últimas de ensayos de extracción de clavos en FERNANSÁNCHEZ**



### 5.3.1.5. Resumen de resultados

En la tabla 5-29 se indica el promedio de cargas últimas para la resistencia a la extracción de clavos para las diferentes maderas empleadas.

TIPO DE MADERA	CARGA ÚLTIMA (kg)			
	Promedio		Mínima	
	Dirección de fibra		Dirección de fibra	
	Paralela	Perpendicular	Paralela	Perpendicular
<i>Guayacán</i>	225	242	202	197
<i>Eucalipto Globulus</i>	117	170	100	115
<i>Fernansánchez</i>	129	172	101	127

**Tabla 5-27. Cargas últimas promedio y mínima de ensayos de extracción de clavos**

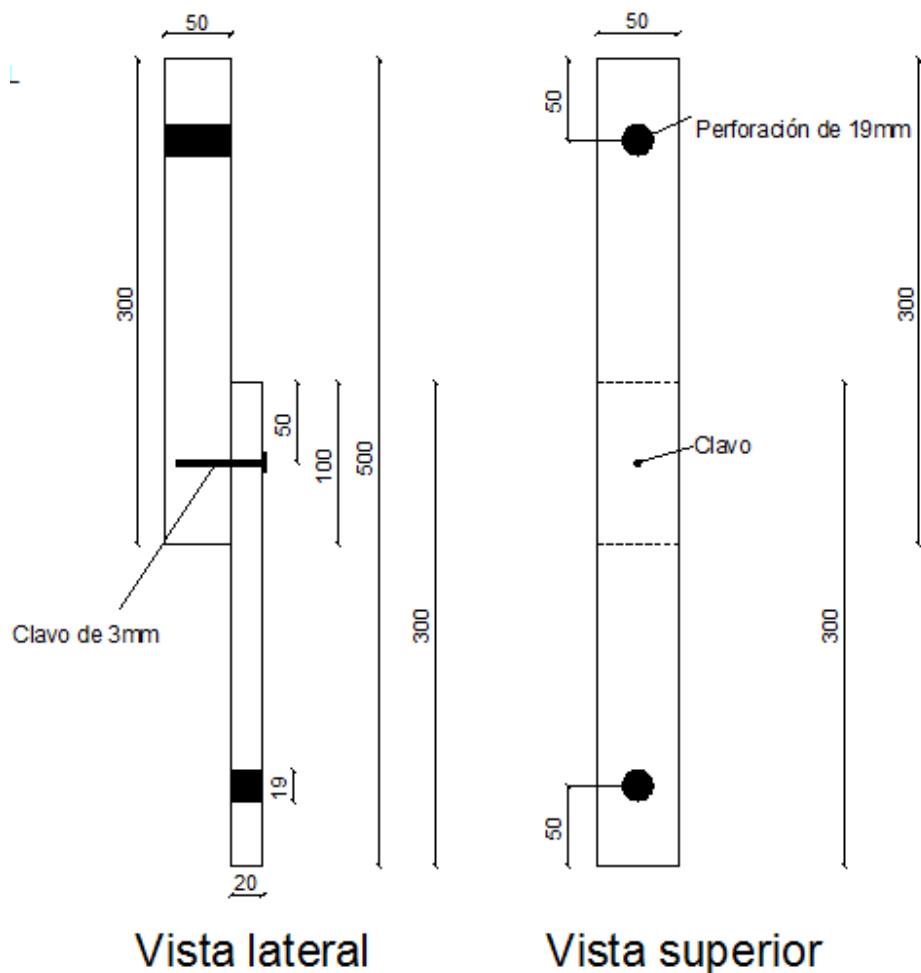
### 5.3.2. Ensayo de resistencia lateral en clavos

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia al movimiento lateral que ofrece un solo clavo en las piezas de madera.

El ensayo del espécimen deberá ser ensamblado por la superposición de la abrazadera de 2 pulgadas (51mm) de ancho sobre el prisma a una distancia de 4 pulgadas (100mm) del extremo de la abrazadera formando así una muestra de la prueba con una longitud total de 20 pulgadas (500 mm). El asegurador de la prueba deberá ser colocado en el centro del ancho de la abrazadera y del prisma y a 2 pulgadas (50 mm) del extremo superpuesto de cada uno. El prisma estará orientado de manera que permita la inserción de los sujetadores de prueba en un plano tangencial. Un agujero  $\frac{3}{4}$  pulgada (19 mm) de diámetro deberá ser perforado en el centro del ancho de la pieza y 2 pulgadas (50 mm) de cada extremo de la muestra ensamblada para dar cabida a los aparatos de carga.

### 5.3.2.1. Dimensiones de la probeta

El tamaño de la muestra que recibe el punto del cierre (prisma), será de 2 pulgadas (51 mm) de espesor, 2 pulgadas (51 mm) de ancho y 12 pulgadas (300 mm) de largo. El tamaño de la muestra (abrazadera) a través del cual el clavo es colocado deberá ser de 25/32 pulgadas (20 mm) de espesor, 2 pulgadas (51 mm) de ancho y 12 pulgadas (300 mm) de largo. La dimensión real de cada pieza deberá ser registrada.



**Fig. 5-2. Dimensiones reales de la probeta para la resistencia lateral en clavos**

### 5.3.2.2. Especificaciones del equipo de laboratorio

Nombre: máquina de ensayo universales

Marca: Amsler

Modelo: FM-1033

Voltaje: 220V

Capacidad máxima: compresión 200Ton y tracción 10t

### 5.3.2.3. Resumen del método de ensayo

El clavo deberá ser conducido perpendicular a la muestra tanto como sea posible, luego del ensamble total de la pieza colocarla en la máquina de tracción, mida el movimiento de con una aproximación de 0.001pulgadas (0.025mm). Obtener los valores de carga en las deformaciones de 0.01, 0.015, 0.05, 0.1, 0.2 y 0.3 pulgadas (0.25, 0.38, 1.27, 2.54, 5.08 y 7.62 mm), y además la carga máxima.

### 5.3.2.4. Reporte de datos

Se realizaron 5 ensayos para cada tipo de madera (Guayacán, Eucalipto Globulus y Fernansánchez), a cada probeta se le realizo el ensayo de tracción tal y como se muestra en la foto 5-7.



*Foto. 5-7. Colocación del espécimen en la máquina de tracción*

Para cada tipo de madera se presentan dos tablas, en la primera indica cada muestra con sus respectivas dimensiones y cargas máximas, y en la segunda tabla se indica la carga vs deformación para cada probeta.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES(mm)						CARGA MÁXIMA (kg)
	Pieza ancha			Pieza angosta			
	Largo	Ancho	Prof.	Largo	Ancho	Prof.	
RLG1	299.2	51.4	49.75	299.41	51.37	20.06	332
RLG2	298.89	51.37	51.49	299.92	51.8	20.73	294
RLG3	299.17	51.44	49.86	299.04	50.9	19.82	278
RLG4	299.07	51.36	50	299.32	52.01	21.39	292
RLG5	299.99	51.03	51.02	299.11	51.3	21.13	289

**Tabla 5-28. Dimensiones reales y cargas máximas, para el ensayo de resistencia lateral con madera Guayacán.**

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)					
	0.00	2.54	5.08	7.62	11.43	13.97
RLG1	0.00	26.00	32.00	78.00	240.00	308.00
RLG2	0.00	15.00	27.50	85.00	230.00	290.00
RLG3	0.00	19.00	30.00	89.00	213.00	250.00
RLG4	0.00	20.00	34.00	110.00	254.00	269.00
RLG5	0.00	15.00	30.00	123.00	223.00	278.00

**Tabla 5-29. Deformaciones y cargas, del ensayo de resistencia lateral con madera Guayacán.**

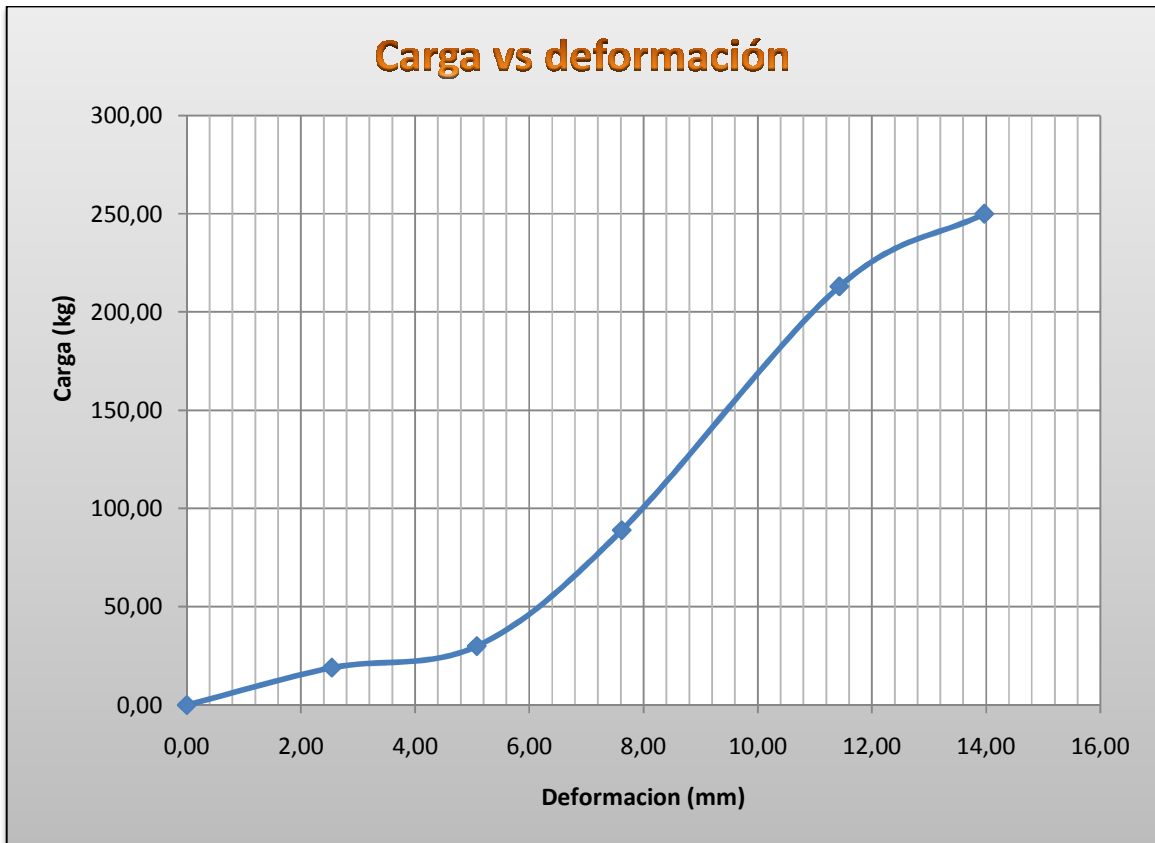


Gráfico 5-1. Cargas vs deformación del Guayacán para la muestra RLG3.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES						CARGA MAXIMA	
	Pieza ancha			Pieza angosta				
	Largo	Ancho	Prof.	Largo	Ancho	Prof.		
RLE1	299.36	50.06	37.27	38.27	299.46	51.79	20.51	242
RLE2	299.84	59.79	38.44	39.5	299.33	50.79	20.51	285
RLE3	299.53	51.5	38.32	39.21	299.95	49.72	18.11	274
RLE4	300.21	50.44	38.52	40.23	299.47	49.54	18.22	243
RLE5	299.95	48.24	39.19	39.58	299.76	49.32	20.55	289

Tabla 5-30. Dimensiones reales y cargas máximas, para el ensayo de resistencia lateral con madera Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES						CARGA MAXIMA
	Pieza ancha			Pieza angosta			
	Largo	Ancho	Prof.	Largo	Ancho	Prof.	
RLE1	299.83	51.54	38.43	300.11	51.1	20.21	294
RLE2	299.83	59.79	38.44	299.33	51.15	20.51	285
RLE3	298.93	51.5	38.32	299.95	50.27	18.11	274
RLE4	299.11	50.44	38.52	299.47	50.53	18.22	243
RLE5	299.41	48.24	39.19	299.76	49.85	20.55	289

Tabla 5-31. Deformaciones y cargas, del ensayo de resistencia lateral con madera Eucalipto Globulus.

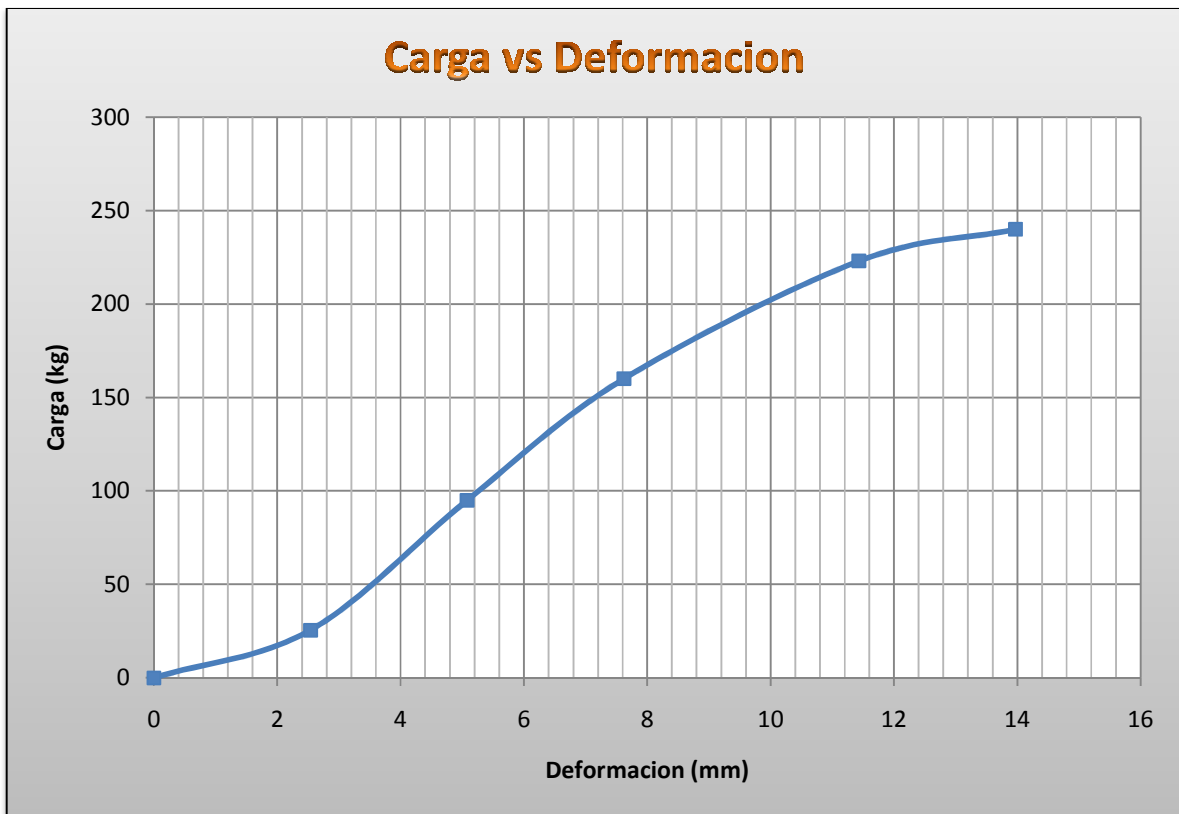


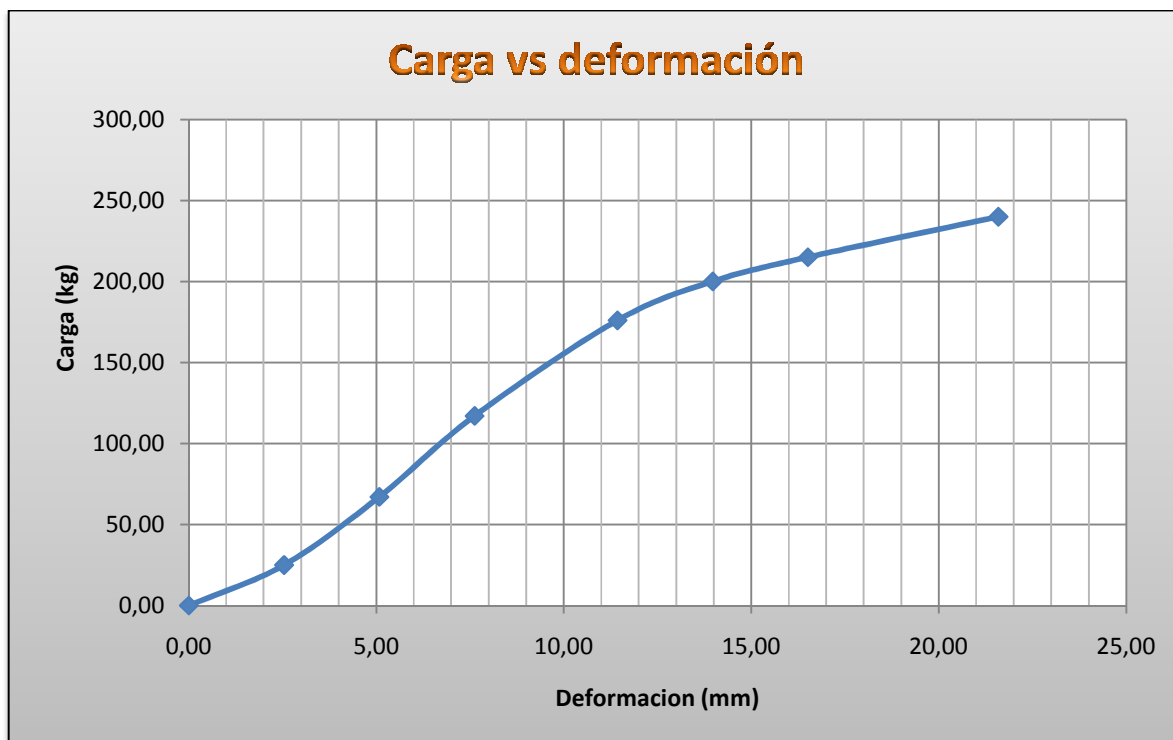
Gráfico 5-2. Cargas vs deformación del Eucalipto Globulus para la muestra RLE5.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES						CARGA MAXIMA
	Pieza ancha			Pieza angosta			
	Largo	Ancho	Prof.	Largo	Ancho	Prof.	
RLF1	299.5	50.94	40.2	300	51.19	20.49	291
RLF2	299	51.05	40.38	299.67	51.43	19.54	242
RLF3	299.6	51.01	40.22	299.76	51.36	20.12	280
RLF4	299.23	51.05	40.21	299.86	51.29	19.98	259
RLF5	299.12	50.82	40.18	299.97	51.33	19.98	263

**Tabla 5-32. Dimensiones reales y cargas máximas, para el ensayo de resistencia lateral con madera Fernansánchez.**

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)							
	0.00	2.54	5.08	7.62	11.43	13.97	16.51	21.59
RLF1	0.00	31.00	64.00	102.50	192.50	225.00	235.00	265.00
RLF2	0.00	23.00	76.00	124.00	165.00	182.00	204.00	227.00
RLF3	0.00	40.00	65.00	175.00	220.00	230.00	245.00	263.00
RLF4	0.00	25.00	67.00	117.00	176.00	200.00	215.00	240.00
RLF5	0.00	20.00	59.00	112.00	135.00	190.00	200.00	245.00

**Tabla 5-33. Deformaciones y cargas, del ensayo de resistencia lateral con madera Fernansánchez.**



**Gráfico 5-3. Cargas vs deformación del Fernansánchez para la muestra RLF4.**

### 5.3.2.5. Resumen de resultados

En la Tabla 5-36 se muestra el resumen de resultados para el ensayo de resistencia lateral en clavos de carga última.

MADERA		<i>Guayacán</i>	<i>Eucalipto Globulus</i>	<i>Fernansánchez</i>
RESISTENCIA LATERAL (kg)	<i>Promedio</i>	297	277	267
	<i>Mínimo</i>	278	243	242

**Tabla 5-34. Resumen de resultados para el ensayo de resistencia lateral con las maderas Guayacán, Eucalipto Globulus y Fernansánchez.**



## **5.4. ENSAYOS DE UNIONES**

### **5.4.1. Introducción**

Ya que a la madera no se le puede asignar esfuerzos unitarios de trabajo, es necesario determinar su resistencia por lo menos en la dirección paralela y perpendicular al grano.

Esta investigación va más allá de estas dos direcciones de la fibra, se varía el ángulo de inclinación de la carga cada 10°, los valores establecidos después de los ensayos se los comparará con la ecuación de Hankinson (ecu. 4-13) y se determinará las respectivas conclusiones.

Para cada ángulo de inclinación y tipo de unión (clavada y emperrada) se realizaron 5 ensayos, con los tres tipos de madera.

Antes de presentar los resultados de laboratorio las probetas tenían que ser diseñadas previamente, su diseño se indica a continuación.

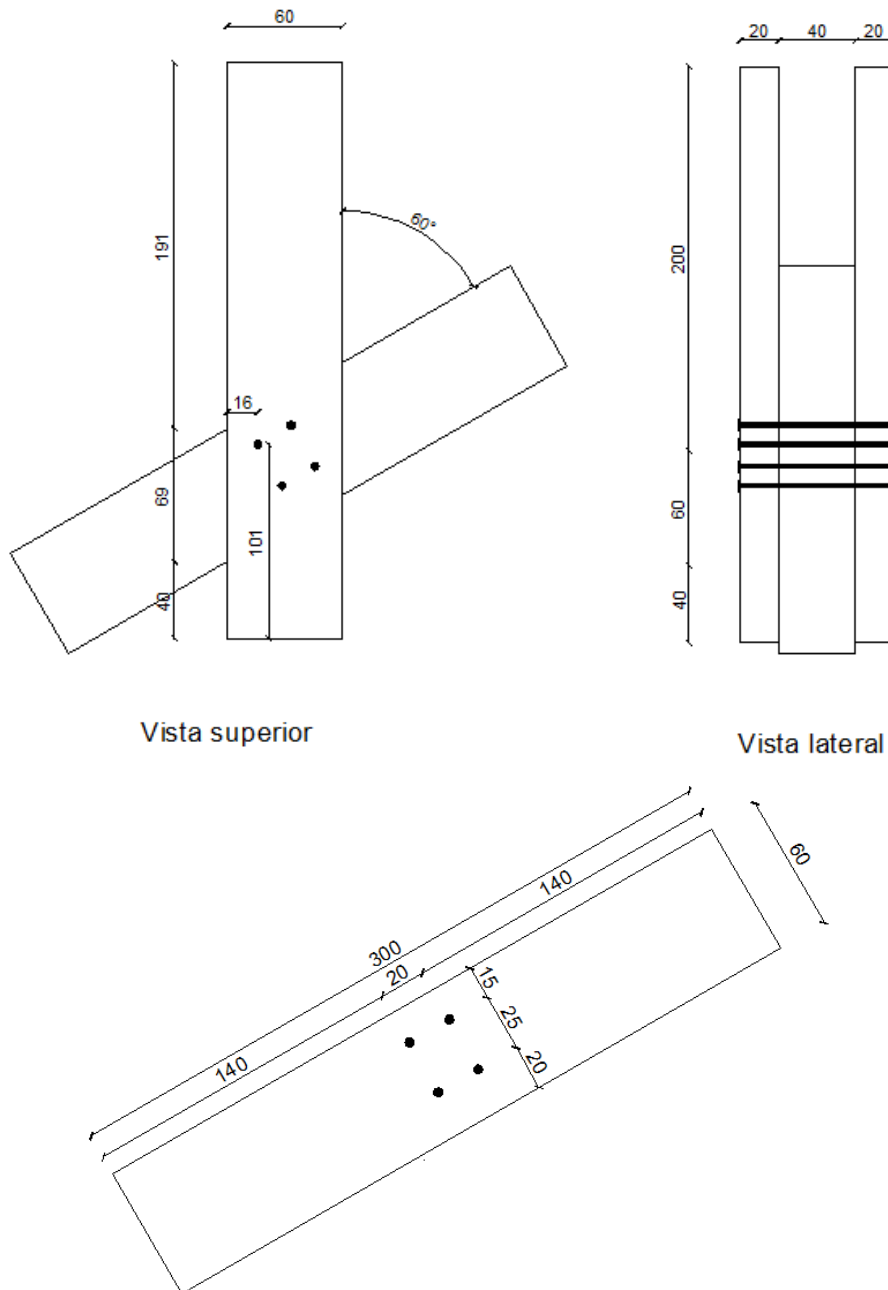
### **5.4.2. Diseño de uniones**

Las probetas de las uniones clavadas y emperradas fueron diseñadas en base a las consideraciones del PADT REFORT y de manera informativa se las compara con las fórmulas de Norma (NCh.1198. Construcciones en Madera).

#### **5.4.2.1. Uniones clavadas**

Las dimensiones de uniones clavadas utilizadas en esta investigación se presentan en los anexos de esta tesis, cada unión contiene 4 clavos. La unión está compuesta por un elemento central de 40x60x300mm y dos elementos externos de

20x60x300mm. Como ejemplo se calculara la carga admisible para una unión a doble cizallamiento de Guayacán a 60°.



**Fig. 5-3. Dimensiones reales de una unión clavada a 60°**

### **Características del calvo utilizado**

Diámetro = 2.96mm

Largo = 63mm

### **Según NCh.1198**

Mediante la utilización de las ecuaciones 4-3 y 4-7 del capítulo 4 y la Tabla 2-2 donde se encuentra la densidad del Guayacán, se determina la carga admisible de uniones.

$$P_{cl,ad} = 3.5 \times D^{1.5} \times (\delta)^{0.5} \quad \text{ecu. 4 - 3}$$

$$P_{cl m,ad} = (m - 0.25)P_{cl,ad} \quad \text{ecu. 4 - 7}$$

$$\text{Densidad del Guayacán} = 0.870 \text{T/m}^3 = 870 \text{kg/m}^3$$

Reemplazando los datos se tiene:

$$P_{cl,ad} = 3.5 \times 2.96^{1.5} \times (870)^{0.5}$$

$$P_{cl,ad} = 525.72 \text{kg} \quad \text{capacidad de carga a cizalle simple}$$

$$P_{cl m,ad} = (2 - 0.25)525.72$$

$$P_{cl m,ad} = 920.03 \text{kg} \quad \text{capacidad de carga a cizalle doble}$$

Después de realizar el ensayo de contenido de humedad, a esta madera se la puede considerar en estado seco y aumentar su carga admisible en un 25%.

$$P_{real} = 1150.04 \text{kg}$$

Se multiplica el valor anterior por 4, de acuerdo al número de clavos.

$$P_{total} = 4600.00 \text{kg} \quad \text{Carga real admisible de la union clavada a } 60^\circ$$

**Según el PADT REFORT**

Cuando se utiliza este texto, solo es necesaria la utilización de la siguiente Tabla.

El Guayacán es considerado dentro del Grupo A.

Longitud (mm)	d (mm)	Carga admisible (kg)		
		Grupo A	Grupo B	Grupo C
51	2.4	36	28	20
	2.6	40	31	22
	2.9	46	36	25
	3.3	53	42	30
63	2.6	40	31	22
	2.9	46	36	25
	3.3	53	42	30
	3.7	61	48	35
76	3.3	53	42	30
	3.7	61	48	35
	4.1	70	54	39
99	3.7	61	48	35
	4.1	70	54	39
	4.5	78	61	44
102	4.1	70	54	39
	4.5	78	61	44
	4.9	87	68	49

**Tabla 5-35. Cargas admisibles por clavo-simple cizallamiento (Tomada del PADT REFORT)**

Como se trata de una unión a doble cizallamiento hay que multiplicar el factor por 1.80.

$$P_{cl m,ad} = 46 \times 1.80$$

$$P_{cl m,ad} = \mathbf{82.80 kg}$$

A esta madera se la puede considerar en estado seco y aumentar su carga admisible en un 25%.

$$P_{\text{real}} = 103.5\text{kg}$$

Se multiplica el valor anterior por 4, de acuerdo al número de clavos.

$$P_{\text{total}} = 414.00\text{kg}$$

$$C_{60} = 414.00\text{kg} \quad \text{carga real admisible de la union clavada a } 60^\circ$$

Un cuadro de resumen de las cargas admisibles según estos textos (Norma NCh. 1198 y PADT REFORT), se presenta en la Tabla 5-38. Esta tabla se la utilizará mas adelante para comparar dichos valores con los establecidos en esta investigación.

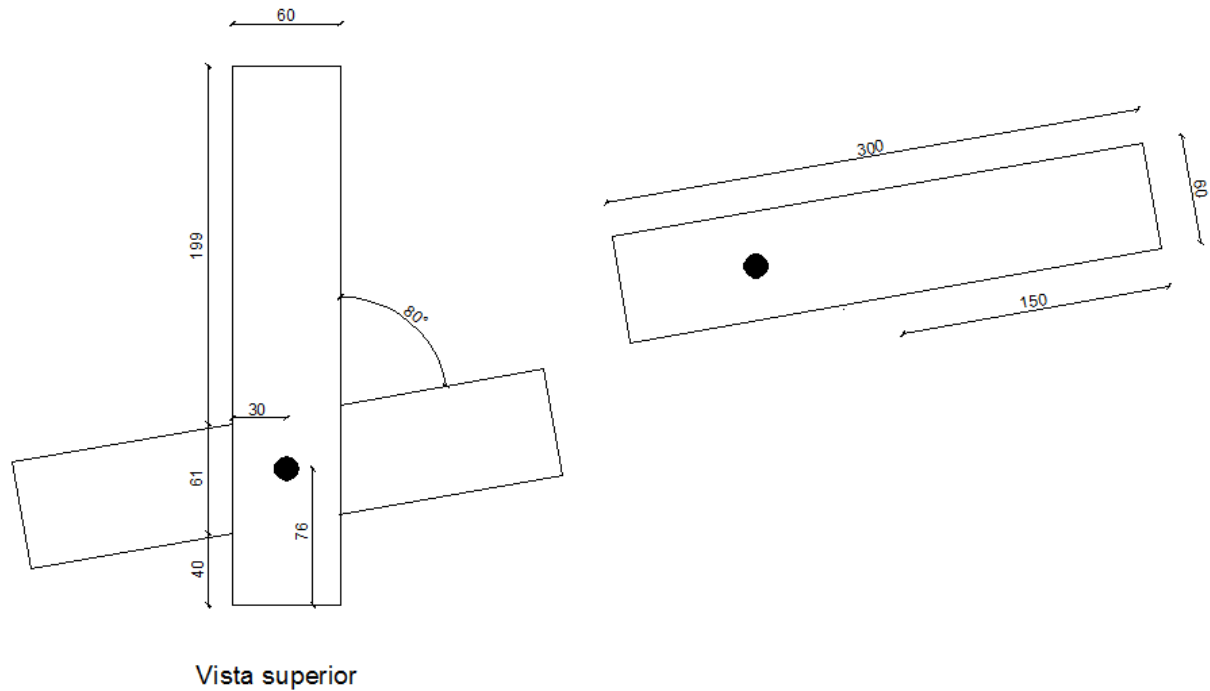
RESUMEN UNIÓN CLAVADA		
Angulo	Carga admisible (kg)	
	Norma NCh.1198	PADT REFORT
0°	4600.00	414.00
10°	4600.00	414.00
20°	4600.00	414.00
30°	4600.00	414.00
40°	4600.00	414.00
50°	4600.00	414.00
60°	4600.00	414.00
70°	4600.00	414.00
80°	4600.00	414.00
90°	4600.00	414.00

Tabla 5-36. Resumen de cargas de diseño en las uniones clavadas estudiadas en esta tesis.

#### 5.4.2.2. Uniones empernadas

Las dimensiones de uniones empernadas se presentan en los anexos de esta tesis, cada unión contiene 1 perno. La unión esta compuesta por un elemento central de 40x60x300m y dos elementos externos de 20x60x300mm. Como

ejemplo se calculara la carga admisible para una unión a doble cizallamiento de Guayacán a 80°.



**Fig. 5-4. Dimensiones de una unión empernada a 80°**

**Características del perno utilizado**

Diámetro = 13.00mm

Largo = 114.30mm

Mediante la utilización de la Tabla 4-7, se puede determinar directamente la carga admisible, tanto para carga paralela a la fibra como perpendicular a esta.

$$P_{\text{total (paralela a la fibra)}} = 1118.00\text{kg}$$

$$P_{\text{total (perpendicular a la fibra)}} = 433.00\text{kg}$$

Aplicando la formula de Hankinson (Capítulo 4), se puede determinar la capacidad admisible de la unión a 60°.

$$C_{\theta} = \frac{PQ}{P\text{sen}^2\theta + Q\text{cos}^2\theta} \quad \text{ecu. 4 - 13}$$

$$C_{60} = \frac{1118 \times 433}{1118\text{sen}^2 80 + 433\text{cos}^2 80}$$

**$C_{80} = 441.15\text{kg}$**       **carga real admisible de la union empernada 80°**

RESUMEN UNIÓN EMPERNADA	
Angulo	Carga admisible (kg)
	<i>PADT REFORT</i>
0°	1118.00
10°	1067.10
20°	943.41
30°	801.15
40°	676.08
50°	579.77
60°	511.32
70°	466.43
80°	441.15
90°	433.00

**Tabla 5-37. Resumen de cargas de diseño en las uniones empernadas estudiadas en esta tesis.**

### 5.4.3. Reporte de datos

#### 5.4.3.1. Especificaciones del equipo de laboratorio



*Foto. 5-8. Colocación de un espécimen en la máquina de compresión*

Nombre: máquina de ensayo universales

Marca: Amsler

Modelo: FM-1033

Voltaje: 220V

Capacidad máxima: compresión 200Ton y tracción 10t



### 5.4.3.2. Uniones empernadas



Foto. 5-9. Especímenes a ser ensayados en la máquina de compresión.

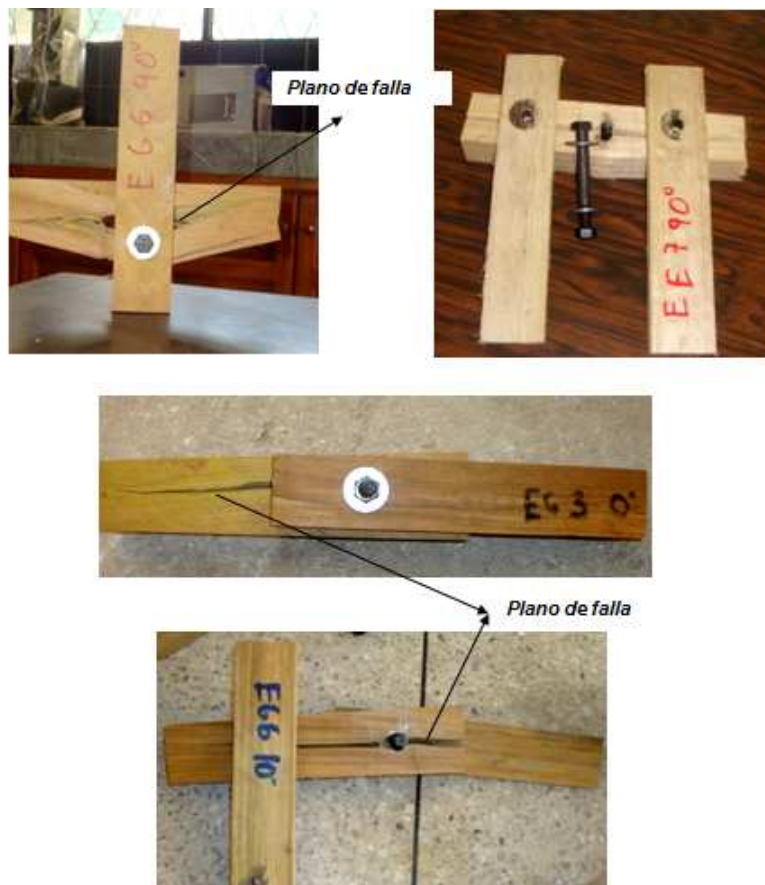


Foto. 5-10. Falla típica de uniones empernadas (se observa que es la madera la que sufre el daño)

## Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 90°	299.54	61.16	20.15	300.34	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2060
EG2 90°	300.05	61.01	20.04	299.65	60.74	20.06	299.11	58.65	39.05	2035
EG3 90°	297.85	61.19	20.7	298.65	60.33	19.68	299.97	59.79	39.42	1935
EG4 90°	390.97	60.23	20.01	299.21	60.72	19.88	299.75	58.17	39.29	2195
EG5 90°	301.09	61.3	19.88	300.65	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2245

Tabla 5-38. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 90° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	6.53
EG1 90°	0	732	1834	1960
EG2 90°	0	612	1710	1975
EG3 90°	0	550	1570	1895
EG4 90°	0	770	1910	1935
EG5 90°	0	754	1895	2075

Tabla 5-39. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 90° de Guayacán



Gráfico 5-4. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 90° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 80°	299.17	61.36	19.49	298.82	60.96	19.03	299.15	61.6	40.35	2235
EG2 80°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	2395
EG3 80°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	2225
EG4 80°	300	60.29	19.6	299.22	61.17	19.68	299.85	59.46	39.17	2155
EG5 80°	299.88	61.08	20.4	300.05	61.44	19.75	299.72	60.53	39.01	2265

Tabla 5-40. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 80° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EG1 80°	0	1675	2125
EG2 80°	0	1775	2290
EG3 80°	0	1500	2080
EG4 80°	0	1650	1920
EG5 80°	0	1750	1900

Tabla 5-41. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 80° de Guayacán

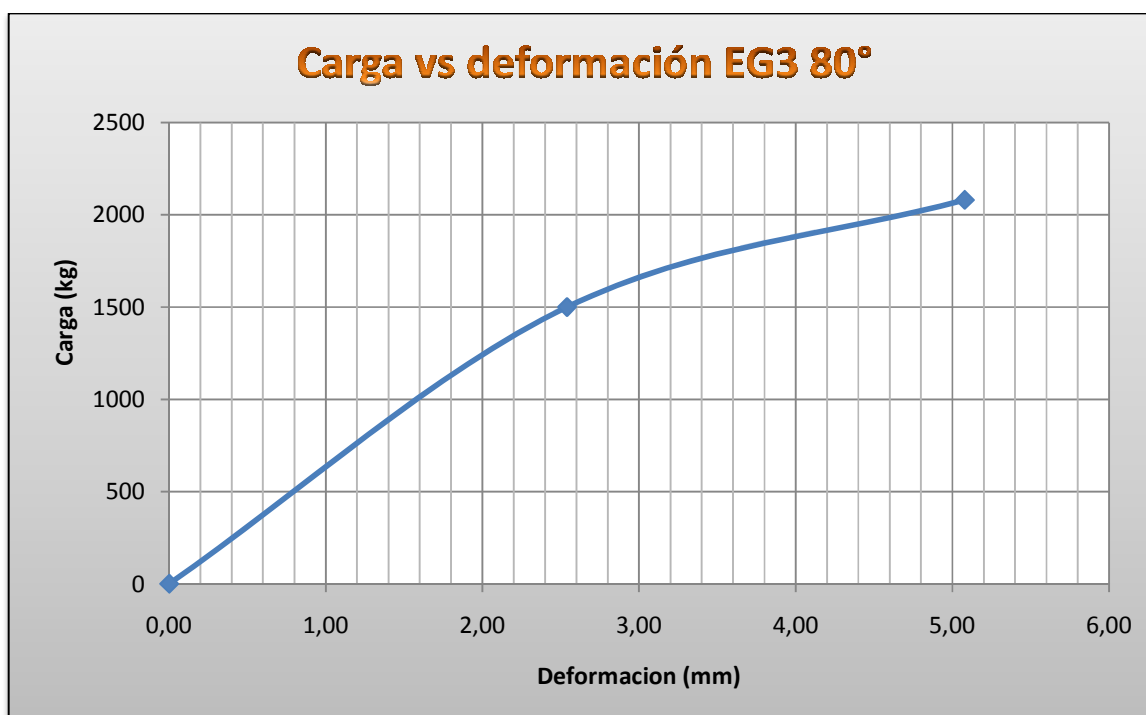


Gráfico 5-5. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 80° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 70°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	2765
EG2 70°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	2225
EG3 70°	299.11	61.29	19.77	299.75	61.97	20.49	299.43	58.87	42.06	2805
EG4 70°	300	60.29	19.6	299.22	61.17	19.68	299.85	59.46	39.17	2225
EG5 70°	299.88	61.08	20.4	300.05	61.44	19.75	299.72	60.53	39.01	2030

Tabla 5-42. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 70° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EG1 70°	0	700	2130
EG2 70°	0	625	1900
EG3 70°	0	1000	2275
EG4 70°	0	650	2000
EG5 70°	0	750	1675

Tabla 5-43. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 70° de Guayacán

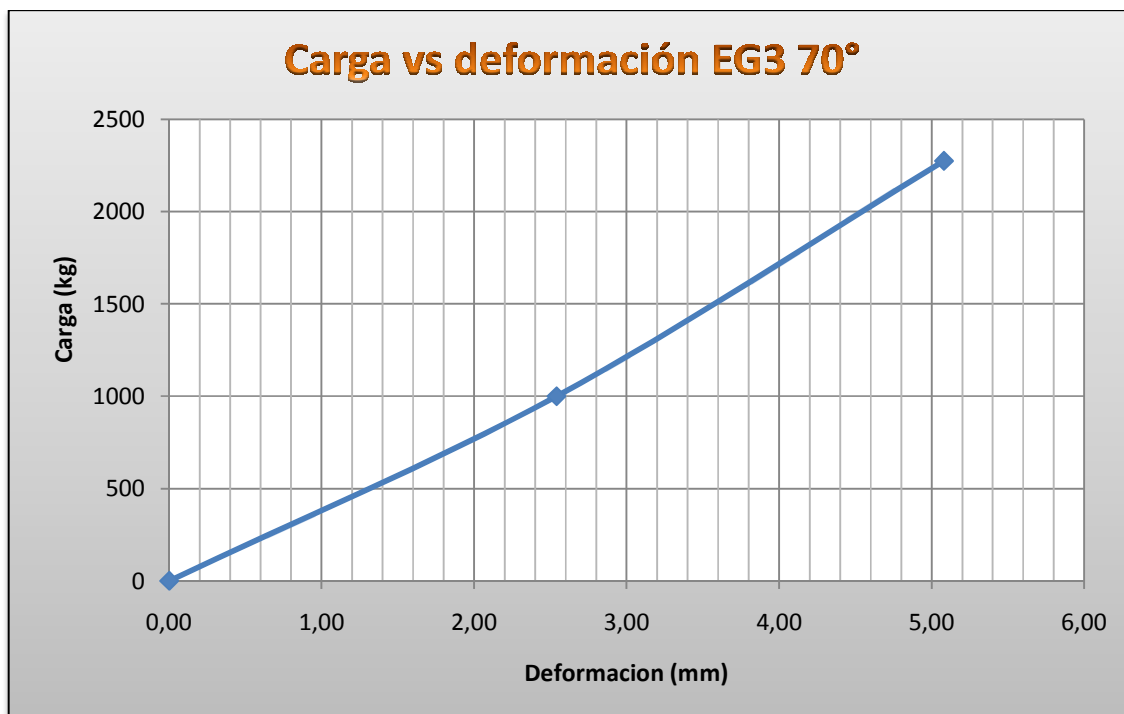


Gráfico 5-6. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 70° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 60°	299.17	61.36	19.49	298.82	60.96	19.03	299.15	61.6	40.35	2755
EG2 60°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	2395
EG3 60°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	2705
EG4 60°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	2425
EG5 60°	299.11	61.29	19.77	299.75	61.97	20.49	299.43	58.87	42.06	2525

Tabla 5-44. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 60° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EG1 60°	0	725	2025	2750
EG2 60°	0	680	1835	2160
EG3 60°	0	790	1890	2655
EG4 60°	0	560	1680	2320
EG5 60°	0	660	1850	2200

Tabla 5-45. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 60° de Guayacán

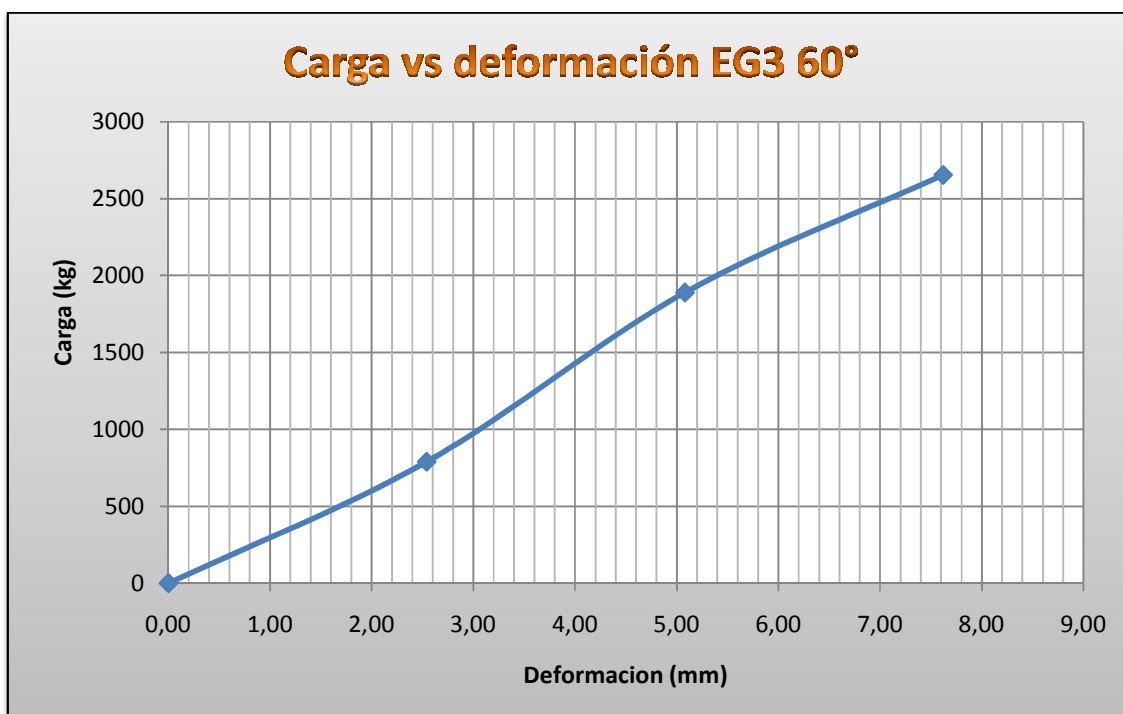


Gráfico 5-7. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 60° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 50°	299.17	61.36	19.49	298.82	60.96	19.03	299.15	61.6	40.35	2725
EG2 50°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	2665
EF3 50°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	2715
EG4 50°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	2560
EG5 50°	299.11	61.29	19.77	299.75	61.97	20.49	299.43	58.87	42.06	2500

Tabla 5-46. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 50° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EG1 50°	0	550	1425	2050
EG2 50°	0	450	1385	2145
EF3 50°	0	470	1305	2130
EG4 50°	0	420	1330	2045
EG5 50°	0	465	1270	2120

Tabla 5-47. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 50° de Guayacán

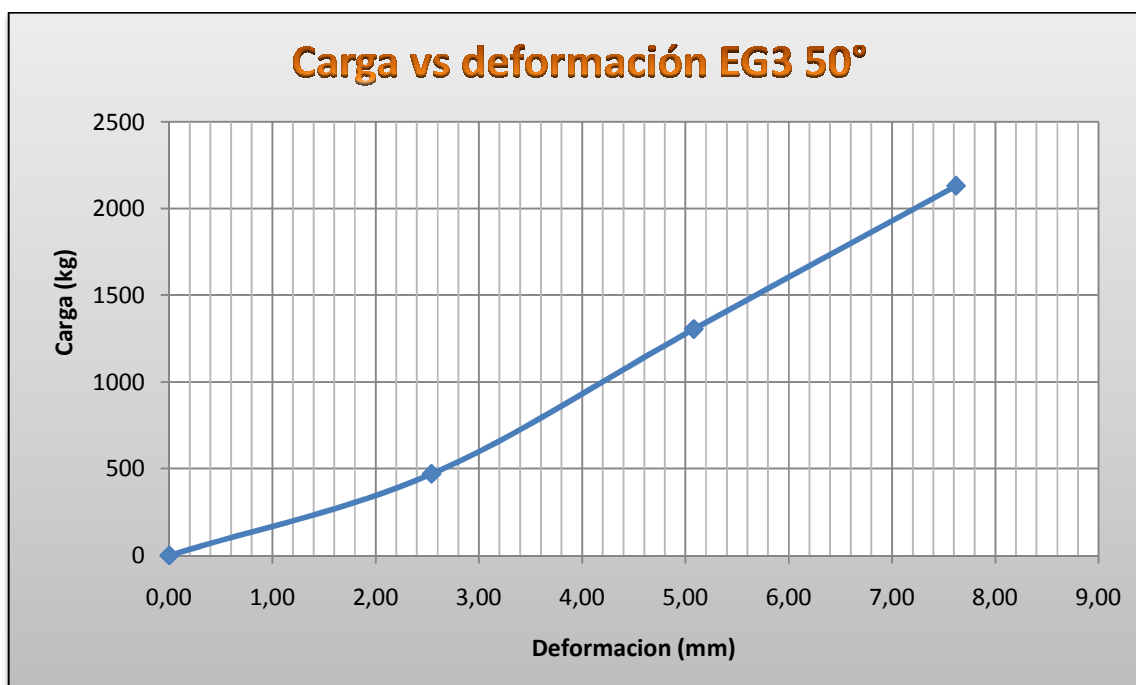


Gráfico 5-8. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 50° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 80°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	2925
EG2 80°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	3195
EG3 80°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	3190
EG4 80°	299.11	61.29	19.77	299.75	61.97	20.49	299.43	58.87	42.06	2915
EG5 80°	300	60.29	19.6	299.22	61.17	19.68	299.85	59.46	39.17	2870

Tabla 5-48. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 40° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EG1 80°	0	465	1660	2860
EG2 80°	0	520	1725	2950
EG3 80°	0	515	1700	2935
EG4 80°	0	460	1650	2830
EG5 80°	0	420	1590	2730

Tabla 5-49. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 40° de Guayacán

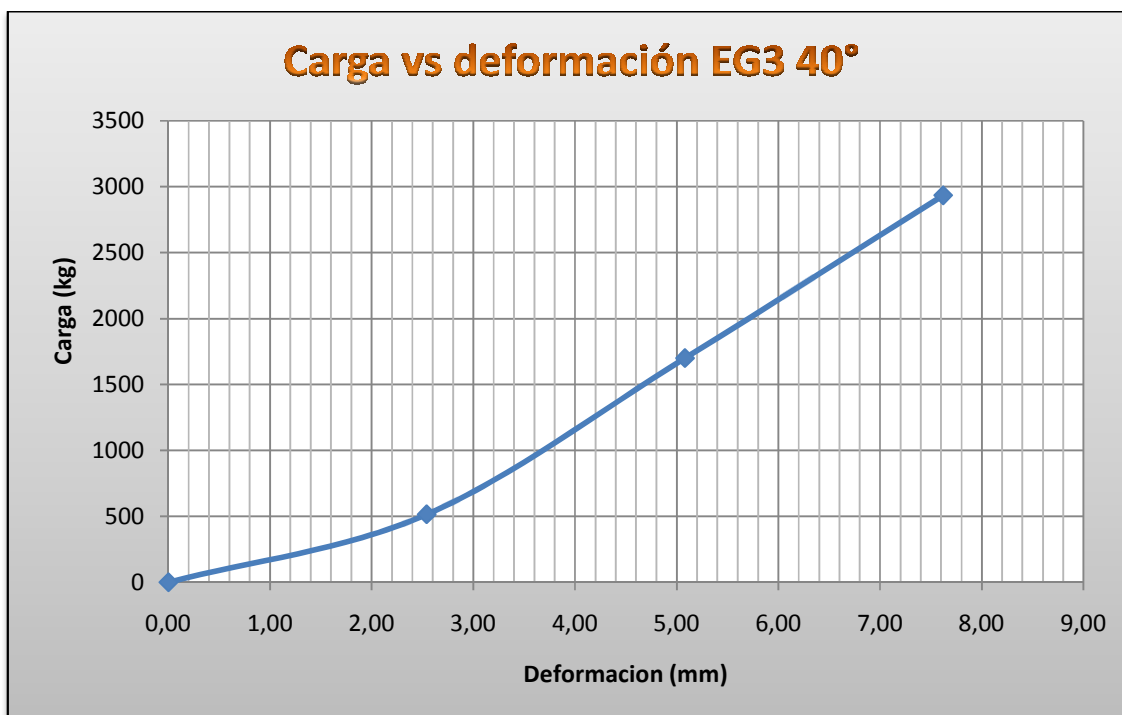


Gráfico 5-9. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 40° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 30°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	4095
EG2 30°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	3875
EG3 30°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	4005
EG4 30°	299.11	61.29	19.77	299.75	61.97	20.49	299.43	58.87	42.06	4125
EG5 30°	300	60.29	19.6	299.22	61.17	19.68	299.85	59.46	39.17	4225

Tabla 5-50. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 30° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EG1 30°	0	730	1960	3525
EG2 30°	0	685	1845	3350
EG3 30°	0	705	1930	3425
EG4 30°	0	750	2000	3580
EG5 30°	0	735	2065	3610

Tabla 5-51. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 30° de Guayacán

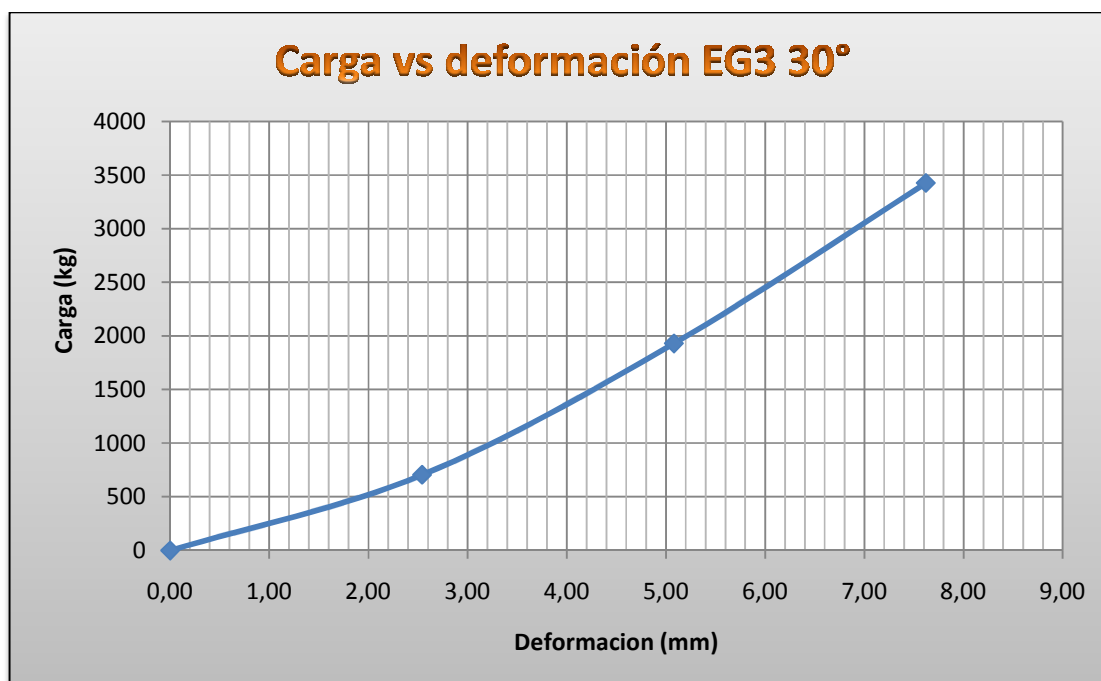


Gráfico 5-10. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 30° de Guayacán



MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 20°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	4130
EG2 20°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	4050
EG3 20°	299.11	61.29	19.77	299.75	61.97	20.49	299.43	58.87	42.06	4115
EG4 20°	300	60.29	19.6	299.22	61.17	19.68	299.85	59.46	39.17	4270
EG5 20°	299.88	61.08	20.4	300.05	61.44	19.75	299.72	60.53	39.01	4060

Tabla 5-52. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 20° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EG1 20°	0	1695	3425	4020
EG2 20°	0	1570	3280	3980
EG3 20°	0	1665	3390	3890
EG4 20°	0	1720	3460	4130
EG5 20°	0	1560	3165	3940

Tabla 5-53. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 20° de Guayacán

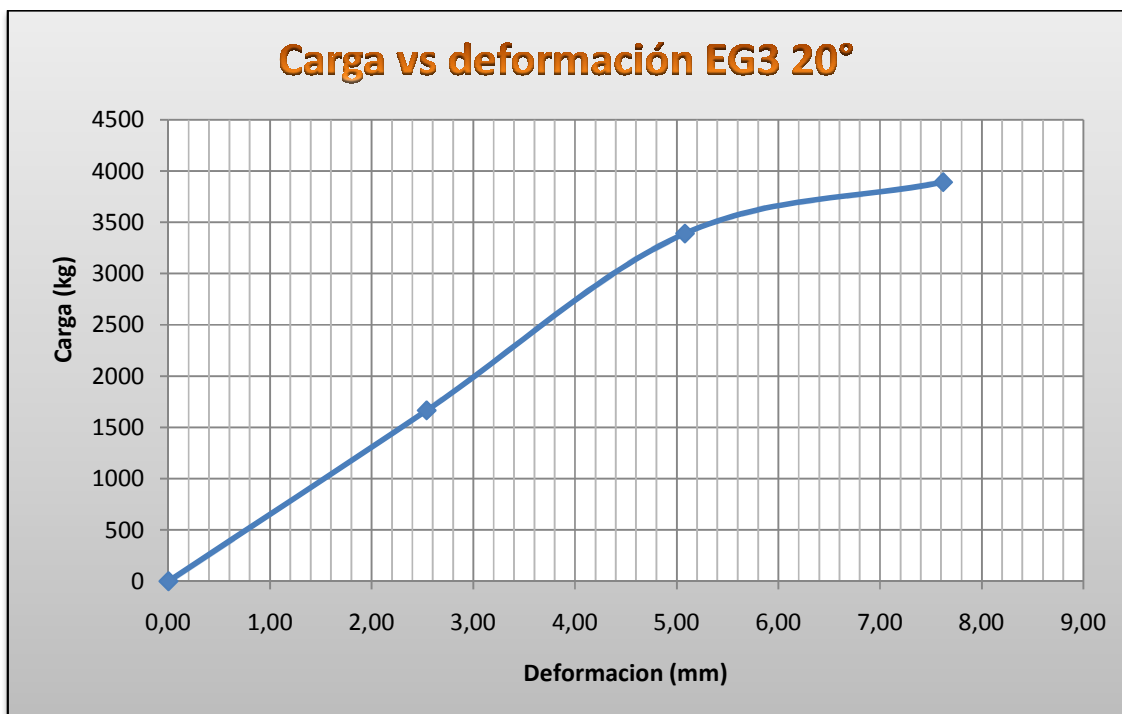


Gráfico 5-11. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 20° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 10°	299.17	61.36	19.49	298.82	60.96	19.03	299.15	61.6	40.35	4370
EG2 10°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	4395
EG3 10°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	4605
EG6 10°	300	60.29	19.6	299.22	61.17	19.68	299.85	59.46	39.17	4395
EG7 10°	299.88	61.08	20.4	300.05	61.44	19.75	299.72	60.53	39.01	4295

Tabla 5-54. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 10° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EG1 10°	0	635	2060	4190
EG2 10°	0	650	2190	4235
EG3 10°	0	675	2315	4395
EG4 10°	0	630	2050	4265
EG5 10°	0	610	1985	4190

Tabla 5-55. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 10° de Guayacán



Gráfico 5-12. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 10° de Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EG1 0°	299.17	61.36	19.49	298.82	60.96	19.03	299.15	61.6	40.35	4470
EG2 0°	297.12	60.64	20.1	299.84	61.91	19.66	299.03	59.09	41.45	4560
EG3 0°	297.82	60.66	20.27	299.83	63.19	19.76	299.99	58.3	39.16	4485
EG4 0°	299.16	60.5	20.01	301.72	59.67	20.96	299.2	56.93	40.27	4380
EG5 0°	299.88	61.08	20.4	300.05	61.44	19.75	299.72	60.53	39.01	4425

Tabla 5-56. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 0° de Guayacán

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)				
	0.00	2.54	5.08	7.62	10.16
EG1 0°	0	1330	2390	3525	4255
EG2 0°	0	1340	2410	3565	4275
EG3 0°	0	1300	2335	3340	4005
EG4 0°	0	1315	2285	3465	4190
EG5 0°	0	1275	2175	3275	3915

Tabla 5-57. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 0° de Guayacán

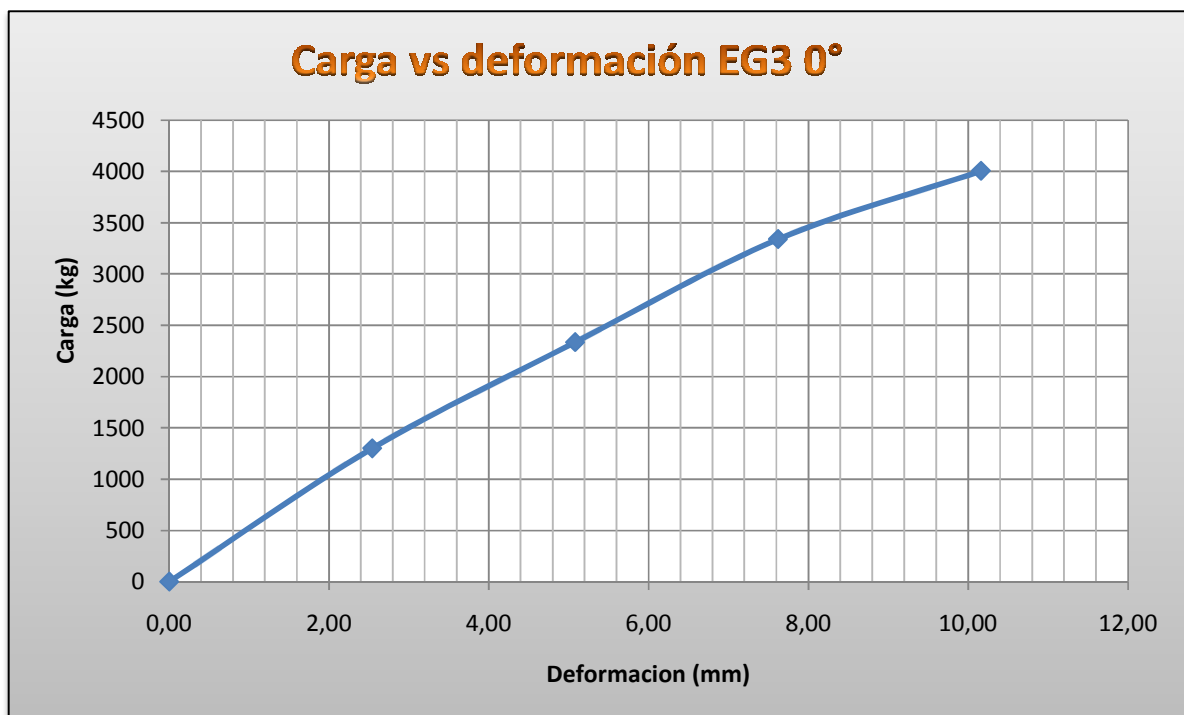


Gráfico 5-13. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 0° de Guayacán

### Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 90°	298.52	61.29	19.63	299.33	61.13	19.72	299.42	60.18	39.7	1725
EE2 90°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1625
EE3 90°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1605
EE4 90°	298.83	59.55	19.23	298.99	60.45	19.33	299	59.23	39.07	1925
EE5 90°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1755

Tabla 5-58. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 90° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EE1 90°	0	935	1650
EE2 90°	0	825	1625
EE3 90°	0	775	1480
EE4 90°	0	950	1800
EE5 90°	0	1000	1675

Tabla 5-59. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 90° de Eucalipto Globulus

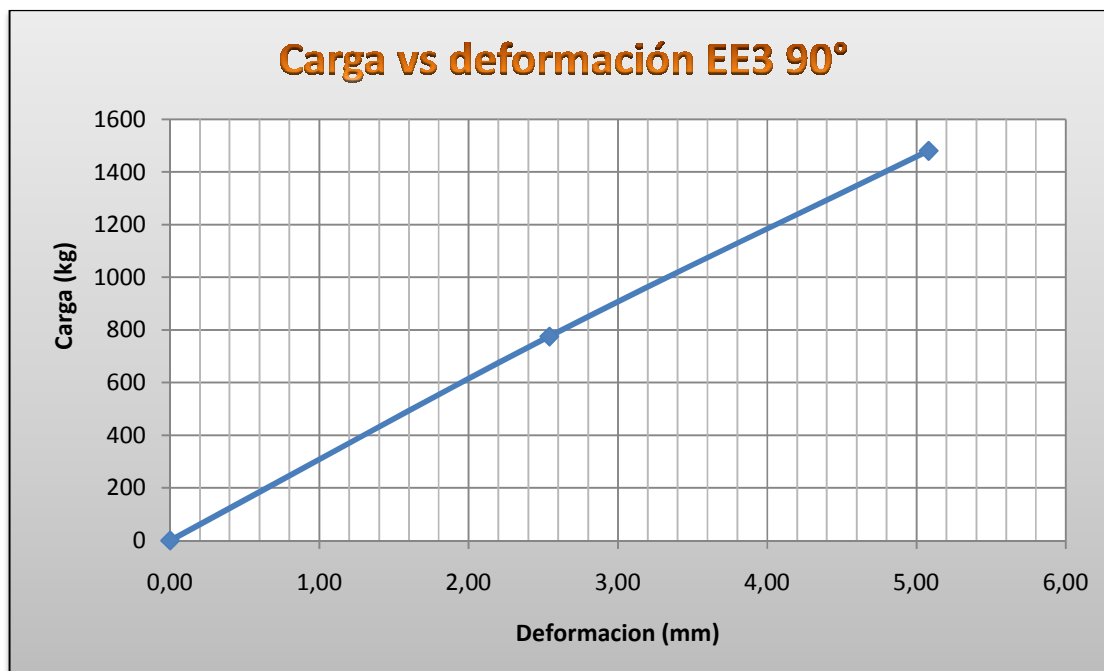


Gráfico 5-14. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 90° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 80°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	1895
EE2 80°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	1855
EE3 80°	298.17	60.06	16.34	299.12	61.64	19.27	299.56	59.5	40.45	1725
EE4 80°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	1915
EE5 80°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	1980

Tabla 5-60. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 80° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EE1 80°	0	1500	1815
EE2 80°	0	1350	1790
EE3 80°	0	1425	1765
EE4 80°	0	1480	1885
EE5 80°	0	1325	1905

Tabla 5-61. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 80° de Eucalipto Globulus

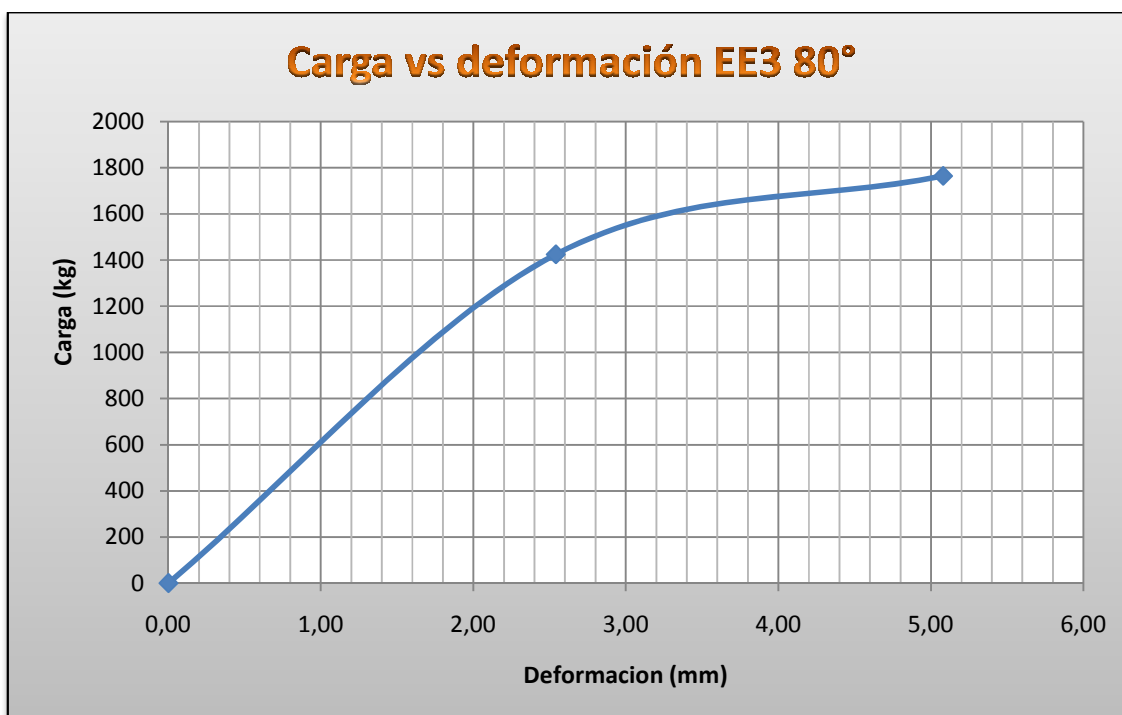


Gráfico 5-15. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 80° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 70°	298.17	60.06	16.34	299.12	61.64	19.27	299.56	59.5	40.45	1805
EE2 70°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	1925
EE3 70°	298.89	60.96	19.64	298.66	61.58	18.76	299	59.71	39.41	1915
EE4 70°	299.32	61.15	19.73	298.91	60.37	19.59	298.12	59.81	40.14	1885
EE5 70°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	2005

Tabla 5-62. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 70° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE1 70°	0	650	1125	1750
EE2 70°	0	775	1525	1895
EE3 70°	0	650	1225	1900
EE4 70°	0	525	1050	1650
EE5 70°	0	600	975	1050

Tabla 5-63. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 70° de Eucalipto Globulus

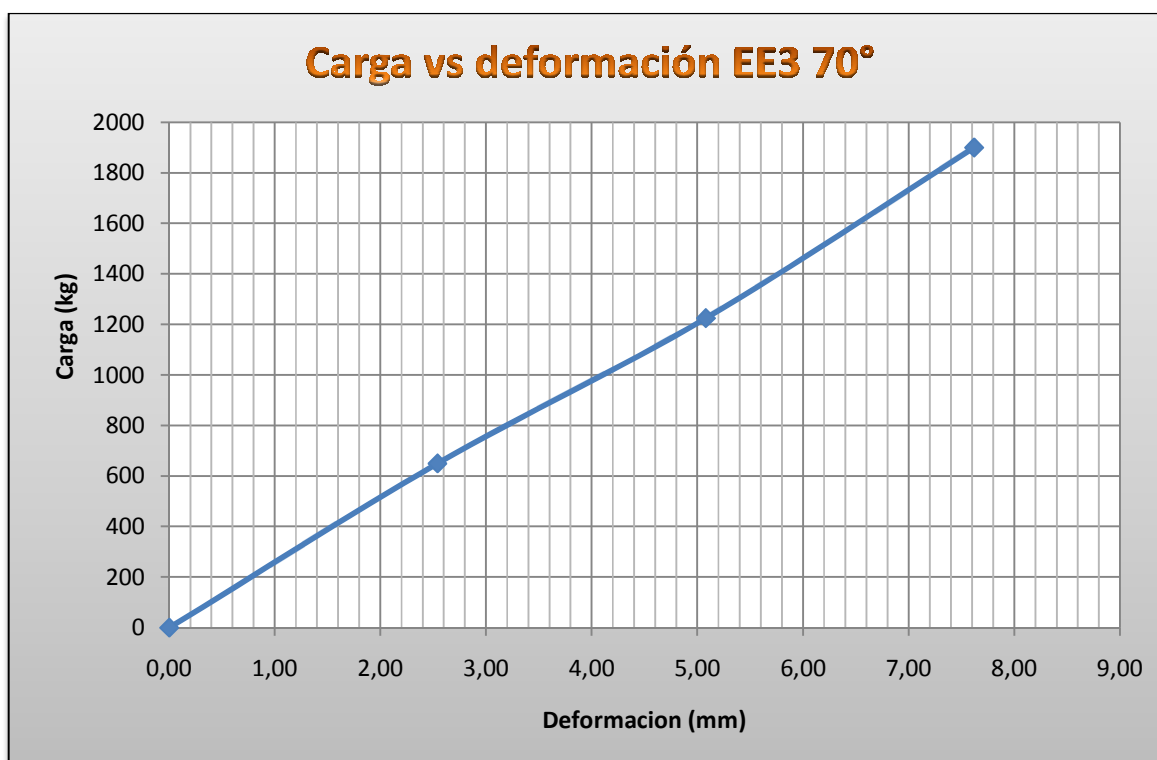


Gráfico 5-16. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 70° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 60°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	1825
EE2 60°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	2085
EE3 60°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	1945
EE4 60°	299.32	61.15	19.73	298.91	60.37	19.59	298.12	59.81	40.14	2215
EE5 60°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	2230

Tabla 5-64. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 60° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE1 60°	0	790	1380	1775
EE2 60°	0	810	1420	1975
EE3 60°	0	550	1280	1890
EE4 60°	0	895	1500	2145
EE5 60°	0	910	1520	2170

Tabla 5-65. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 60° de Eucalipto Globulus

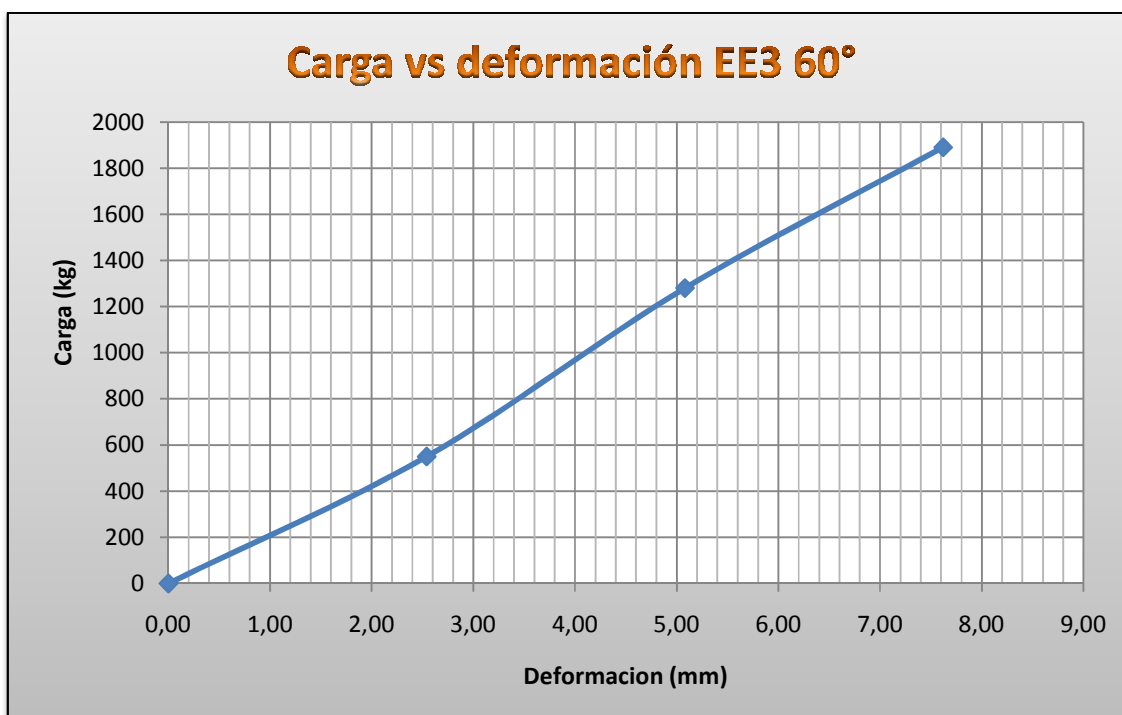


Gráfico 5-17. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 60° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 50°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	1915
EE2 50°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	1815
EE3 50°	298.17	60.06	16.34	299.12	61.64	19.27	299.56	59.5	40.45	1895
EE5 50°	299.32	61.15	19.73	298.91	60.37	19.59	298.12	59.81	40.14	1955
EE6 50°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	1825

Tabla 5-66. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 50° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE1 50°	0	320	1050	1780
EE2 50°	0	280	935	1650
EE3 50°	0	295	950	1685
EE5 50°	0	375	1150	1850
EE6 50°	0	395	945	1640

Tabla 5-67. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 50° de Eucalipto Globulus

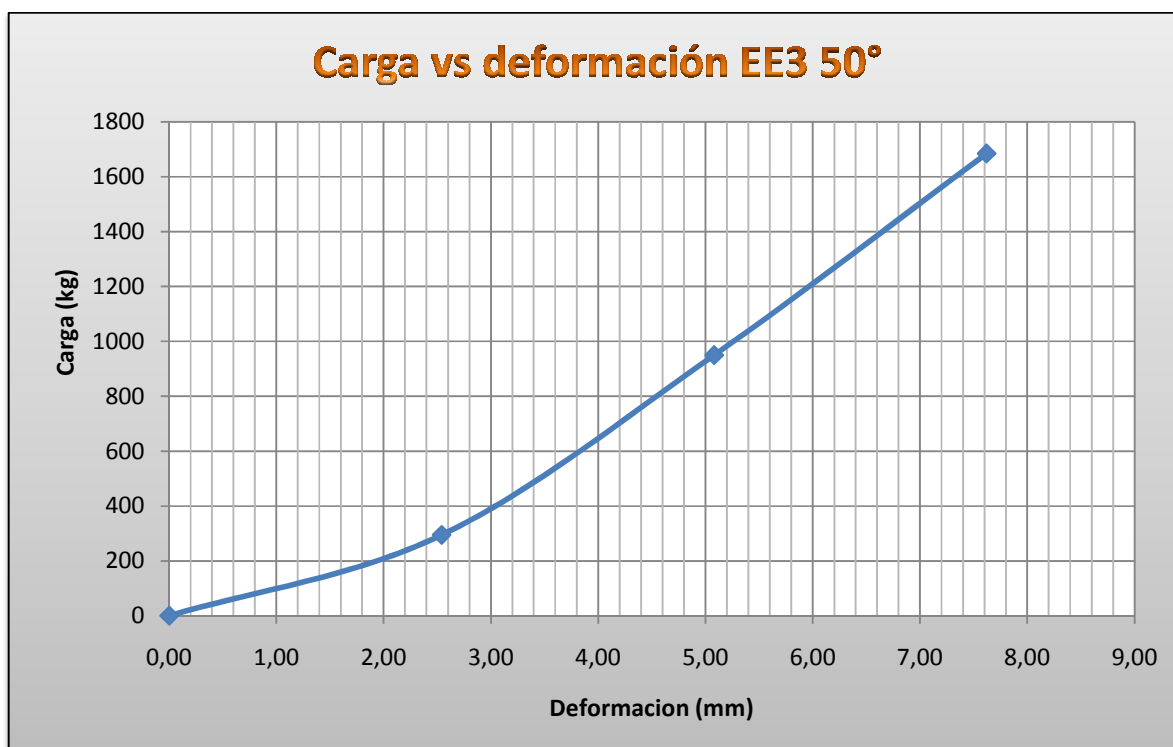


Gráfico 5-18. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 50° de Eucalipto Globulus



MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 40°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	2380
EE2 40°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	2140
EE3 40°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	2115
EE4 40°	298.89	60.96	19.64	298.66	61.58	18.76	299	59.71	39.41	2310
EE5 40°	299.32	61.15	19.73	298.91	60.37	19.59	298.12	59.81	40.14	2055

Tabla 5-68. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 40° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)				
	0.00	2.54	5.08	7.62	10.16
EE1 40°	0	430	1095	1840	2260
EE2 40°	0	460	945	1620	2075
EE3 40°	0	455	1030	1600	2040
EE4 40°	0	525	1100	1830	2245
EE5 40°	0	495	900	1565	1995

Tabla 5-69. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 40° de Eucalipto Globulus

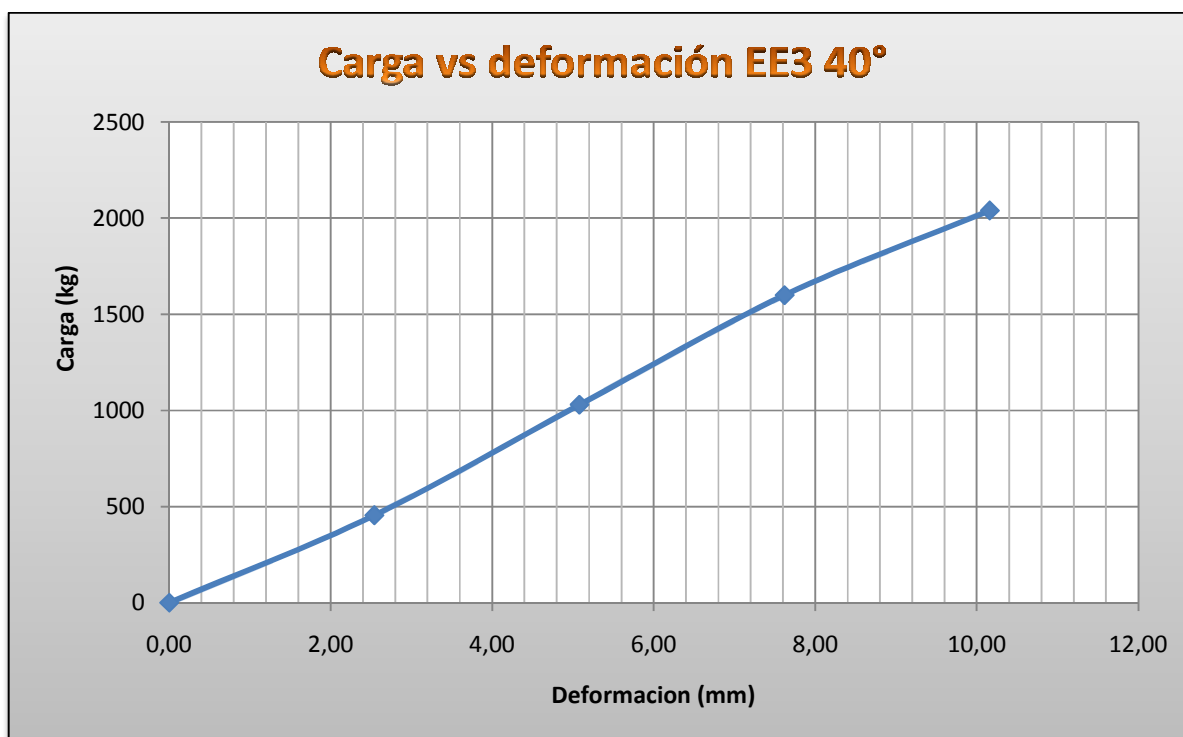


Gráfico 5-19. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 40° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE2 30°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	2410
EE3 30°	298.17	60.06	16.34	299.12	61.64	19.27	299.56	59.5	40.45	2305
EE4 30°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	2665
EE5 30°	299.32	61.15	19.73	298.91	60.37	19.59	298.12	59.81	40.14	2355
EE6 30°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	2480

Tabla 5-70. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 30° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE2 30°	0	660	1460	1720
EE3 30°	0	625	1390	1685
EE4 30°	0	695	1520	1865
EE5 30°	0	620	1435	1670
EE6 30°	0	625	1450	1700

Tabla 5-71. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 30° de Eucalipto Globulus

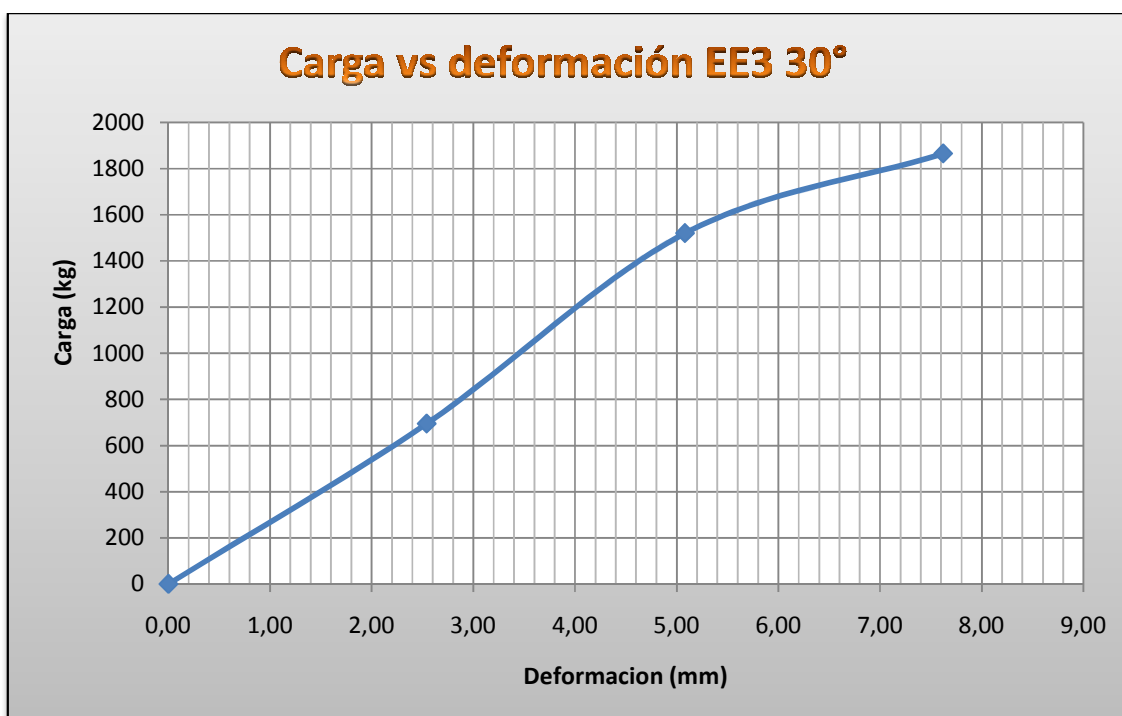


Gráfico 5-20. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 30° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 20°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	2980
EE2 20°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	2870
EE3 20°	298.17	60.06	16.34	299.12	61.64	19.27	299.56	59.5	40.45	2535
EE4 20°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	2530
EE5 20°	298.89	60.96	19.64	298.66	61.58	18.76	299	59.71	39.41	2645

Tabla 5-72. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 20° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE1 20°	0	595	1795	2825
EE2 20°	0	550	1760	2755
EE3 20°	0	540	1620	2490
EE4 20°	0	490	1600	2480
EE5 20°	0	515	1720	2520

Tabla 5-73. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 20° de Eucalipto Globulus



Gráfico 5-21. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 20° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 10°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	3310
EE2 10°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	3375
EE3 10°	298.98	61.63	19.57	298.42	60.16	19.36	299.13	62.36	39.22	3295
EE4 10°	298.89	60.96	19.64	298.66	61.58	18.76	299	59.71	39.41	3155
EE5 10°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	2980

Tabla 5-74. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 10° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE1 10°	0	735	1530	3060
EE2 10°	0	720	1550	3095
EE3 10°	0	715	1540	2985
EE4 10°	0	700	1520	2950
EE5 10°	0	695	1460	2755

Tabla 5-75. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 10° de Eucalipto Globulus

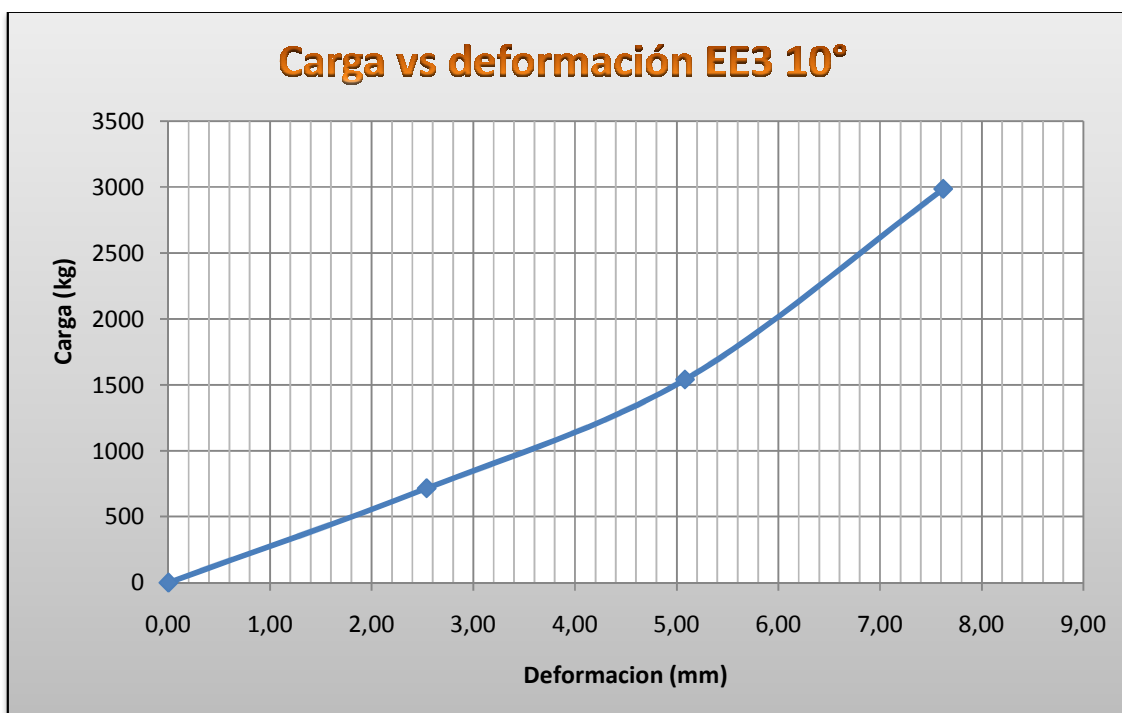


Gráfico 5-22. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 10° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 0°	298.91	59.94	19.73	297.96	61.32	18.73	299.83	61.04	39.8	3350
EE2 0°	298.92	61.89	19.9	299.19	61.02	19.3	299.06	58.57	40.83	2990
EE3 0°	298.89	60.96	19.64	298.66	61.58	18.76	299	59.71	39.41	3335
EE4 0°	299.32	61.15	19.73	298.91	60.37	19.59	298.12	59.81	40.14	3160
EE5 0°	298.83	61.16	19.23	299.22	62.44	20.11	299.93	59.4	37.92	3210

Tabla 5-76. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 0° de Eucalipto Globulus

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)				
	0.00	2.54	5.08	7.62	10.16
EE1 0°	0	1660	2625	3085	3290
EE2 0°	0	1490	2150	2655	2315
EE3 0°	0	1675	2695	3100	3275
EE4 0°	0	1515	2450	2700	2375
EE5 0°	0	1625	2685	2980	3120

Tabla 5-77. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 0° de Eucalipto Globulus

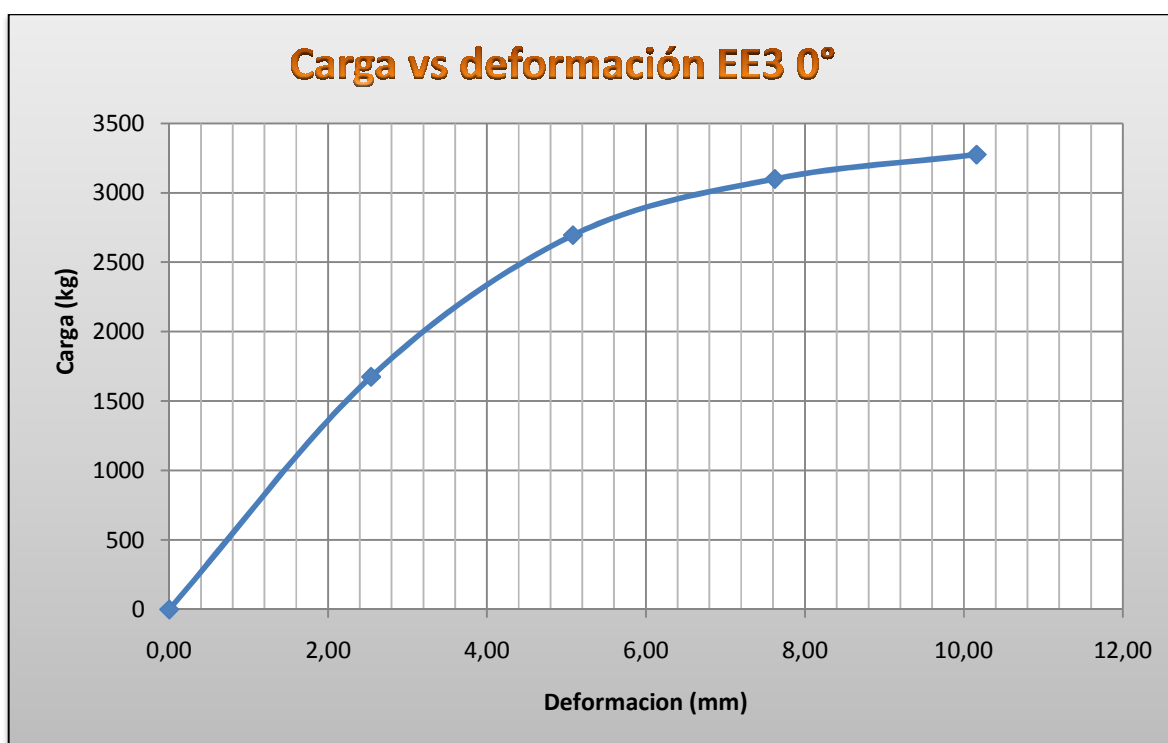


Gráfico 5-23. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 0° de Eucalipto Globulus

### Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 90°	299.16	60.21	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1165
EF2 90°	298.56	59.32	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	995
EF3 90°	298.76	60.13	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1155
EF4 90°	300.21	61.78	19.44	298.92	61.38	19.5	299	58.83	40.64	925
EF5 90°	300.06	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	965

Tabla 5-78. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 90° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EF1 90°	0	740	925
EF2 90°	0	650	935
EF3 90°	0	625	900
EF4 90°	0	580	885
EF5 90°	0	530	915

Tabla 5-79. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 90° de Fernansánchez

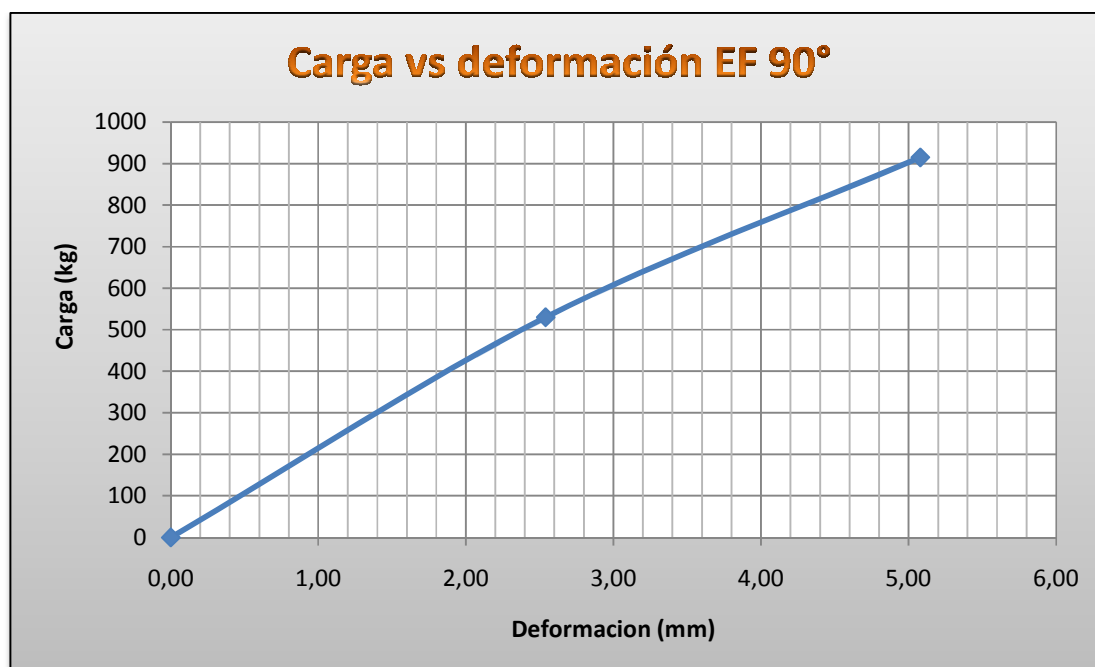


Gráfico 5-24. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 90° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 80°	298.56	59.64	19.86	298.72	61.94	20.09	298.64	60.51	40.05	1055
EF2 80°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	955
EF3 80°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1020
EF4 80°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	1075
EF5 80°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	1155

Tabla 5-80. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 80° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EF1 80°	0	750	950
EF2 80°	0	650	950
EF3 80°	0	550	975
EF4 80°	0	775	1025
EF5 80°	0	700	980

Tabla 5-81. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 80° de Fernansánchez

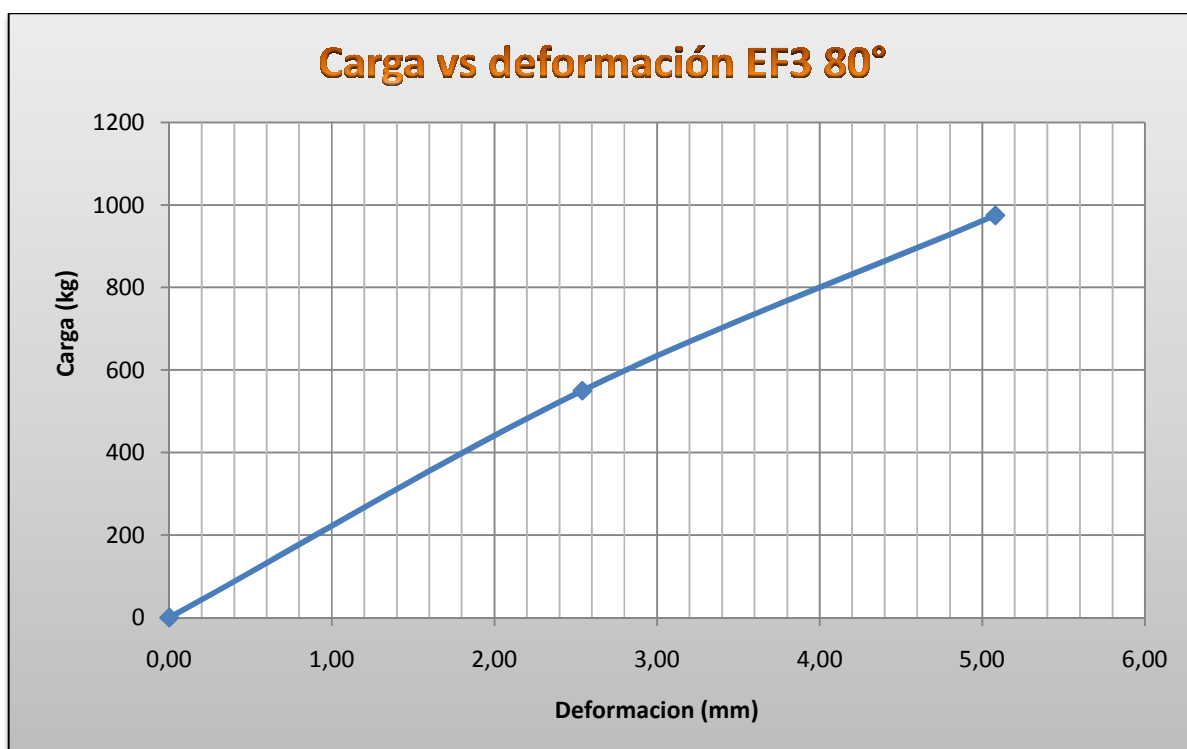


Gráfico 5-25. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 80° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 70°	298.77	61.21	19.8	298.76	59.55	19.42	298.11	59.61	39.93	1595
EF2 70°	298.56	59.64	19.86	298.72	61.94	20.09	298.64	60.51	40.05	1365
EF3 70°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	1315
EF4 70°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1210
EF5 70°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	1615

Tabla 5-82. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 70° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EF1 70°	0	240	825	1375
EF2 70°	0	225	680	1250
EF3 70°	0	210	620	1100
EF4 70°	0	230	580	1010
EF5 70°	0	245	890	1430

Tabla 5-83. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 70° de Fernansánchez

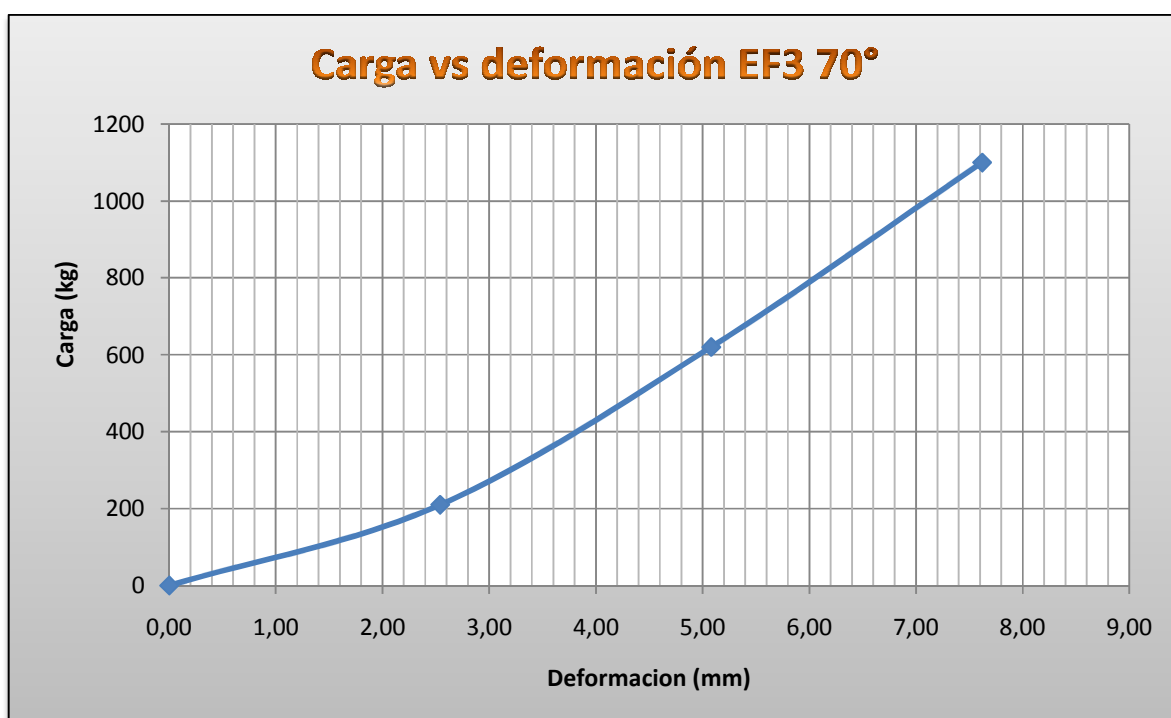


Gráfico 5-26. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 70° de Fernansánchez



MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 60°	298.77	61.21	19.8	298.76	59.55	19.42	298.11	59.61	39.93	1520
EF2 60°	298.56	59.64	19.86	298.72	61.94	20.09	298.64	60.51	40.05	1505
EF3 60°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1470
EF4 60°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	1515
EF5 60°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	1695

Tabla 5-84. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 60° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EF1 60°	0	580	1380
EF2 60°	0	550	1495
EF3 60°	0	790	1455
EF4 60°	0	825	1405
EF5 60°	0	570	1520

Tabla 5-85. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 60° de Fernansánchez

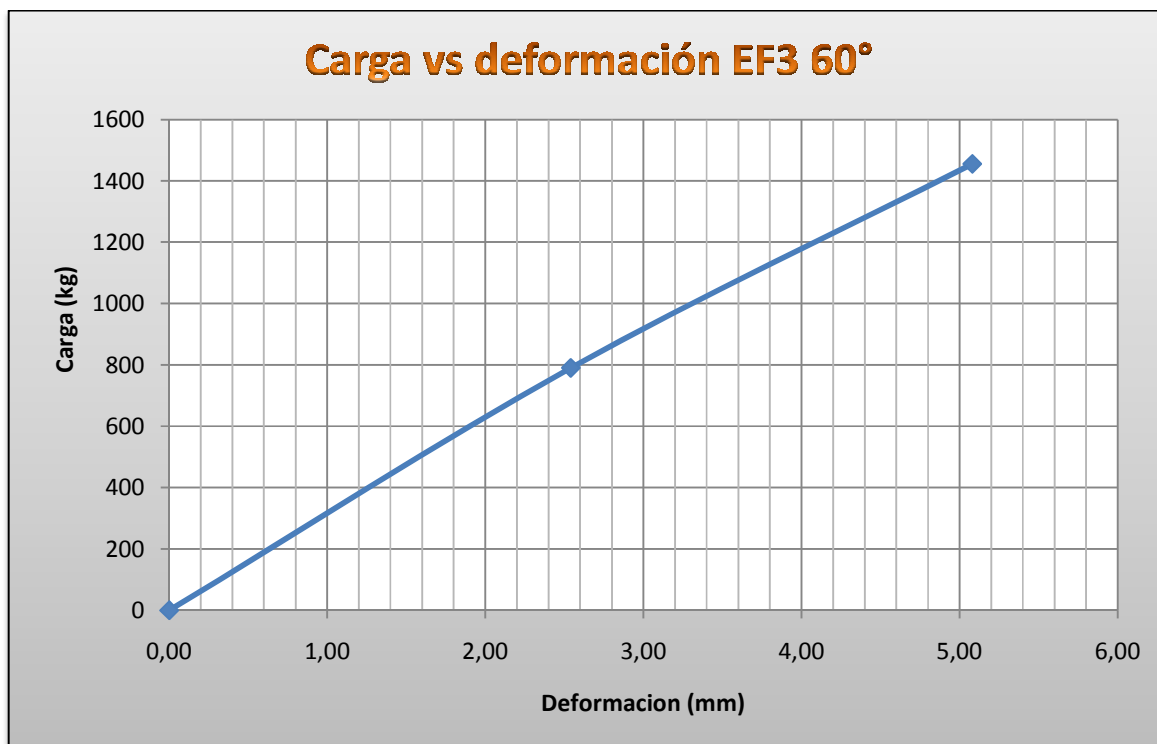


Gráfico 5-27. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 60° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 80°	298.22	62.19	19.74	298.06	61.45	19.67	398.92	59.18	39.72	1625
EF2 80°	298.77	61.21	19.8	298.76	59.55	19.42	298.11	59.61	39.93	1755
EF3 80°	298.56	59.64	19.86	298.72	61.94	20.09	298.64	60.51	40.05	1545
EF4 80°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	1695
EF5 80°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	1665

Tabla 5-86. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 50° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EF1 80°	0	420	1260
EF2 80°	0	525	1450
EF3 80°	0	395	1250
EF4 80°	0	495	1340
EF5 80°	0	480	1320

Tabla 5-87. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 50° de Fernansánchez

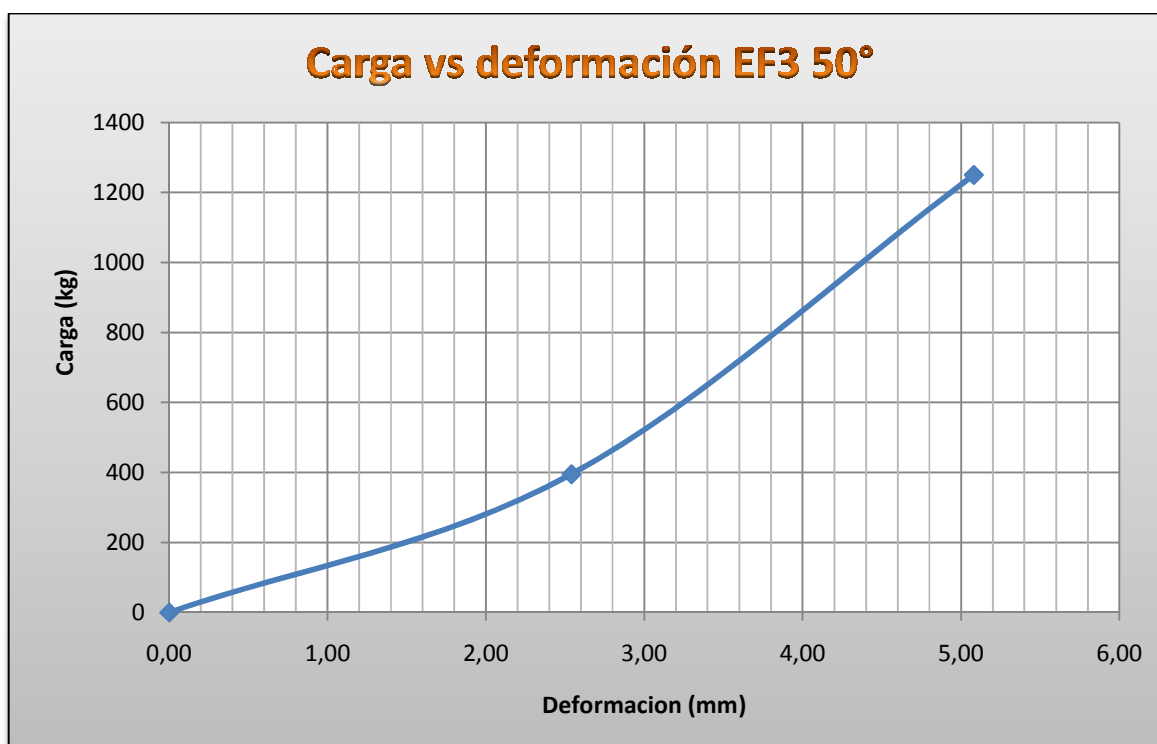


Gráfico 5-28. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 50° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EE1 40°	298.22	62.19	19.74	298.06	61.45	19.67	398.92	59.18	39.72	1765
EE2 40°	298.56	59.64	19.86	298.72	61.94	20.09	298.64	60.51	40.05	1725
EE3 40°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	1620
EE4 40°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1600
EE5 40°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	1690

Tabla 5-88. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 40° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EE1 40°	0	265	730	1630
EE2 40°	0	230	690	1615
EE3 40°	0	265	810	1550
EE4 40°	0	230	695	1420
EE5 40°	0	310	865	1585

Tabla 5-89. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 40° de Fernansánchez

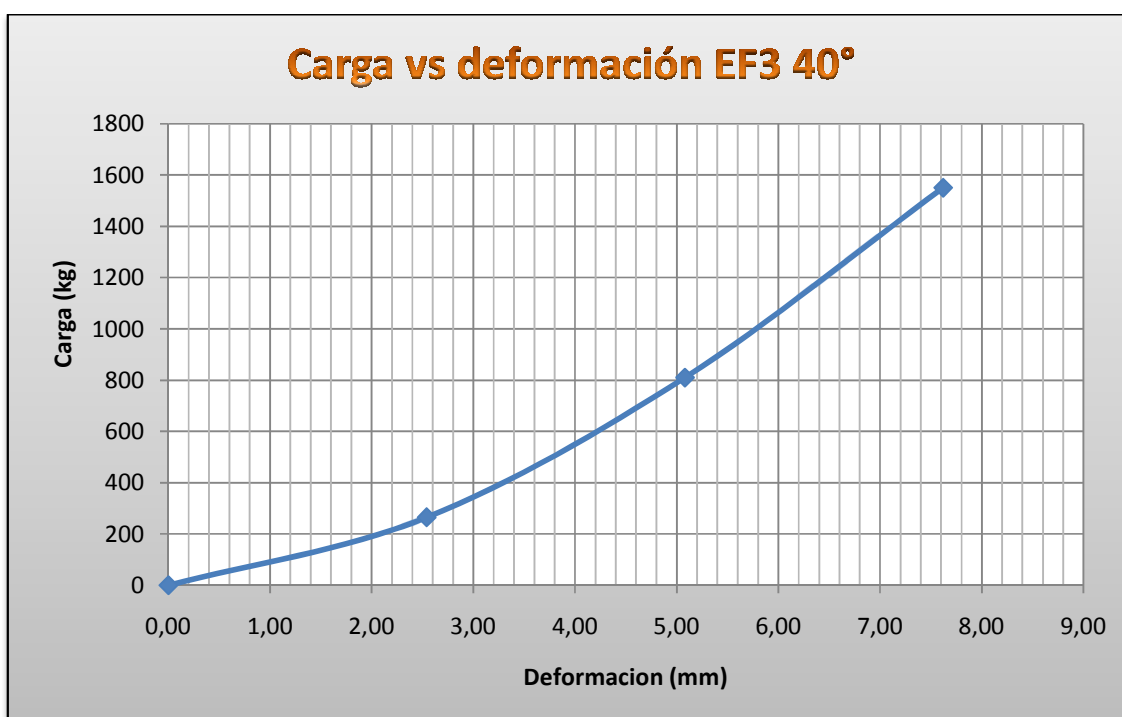


Gráfico 5-29. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 40° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 30°	298.22	62.19	19.74	298.06	61.45	19.67	398.92	59.18	39.72	2025
EF2 30°	298.77	61.21	19.8	298.76	59.55	19.42	298.11	59.61	39.93	1940
EF3 30°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1625
EF4 30°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	1715
EF5 30°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	1760

Tabla 5-90. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 30° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EF1 30°	0	270	900	1670
EF2 30°	0	260	850	1580
EF3 30°	0	245	785	1430
EF4 30°	0	260	820	1495
EF5 30°	0	275	815	1540

Tabla 5-91. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 30° de Fernansánchez

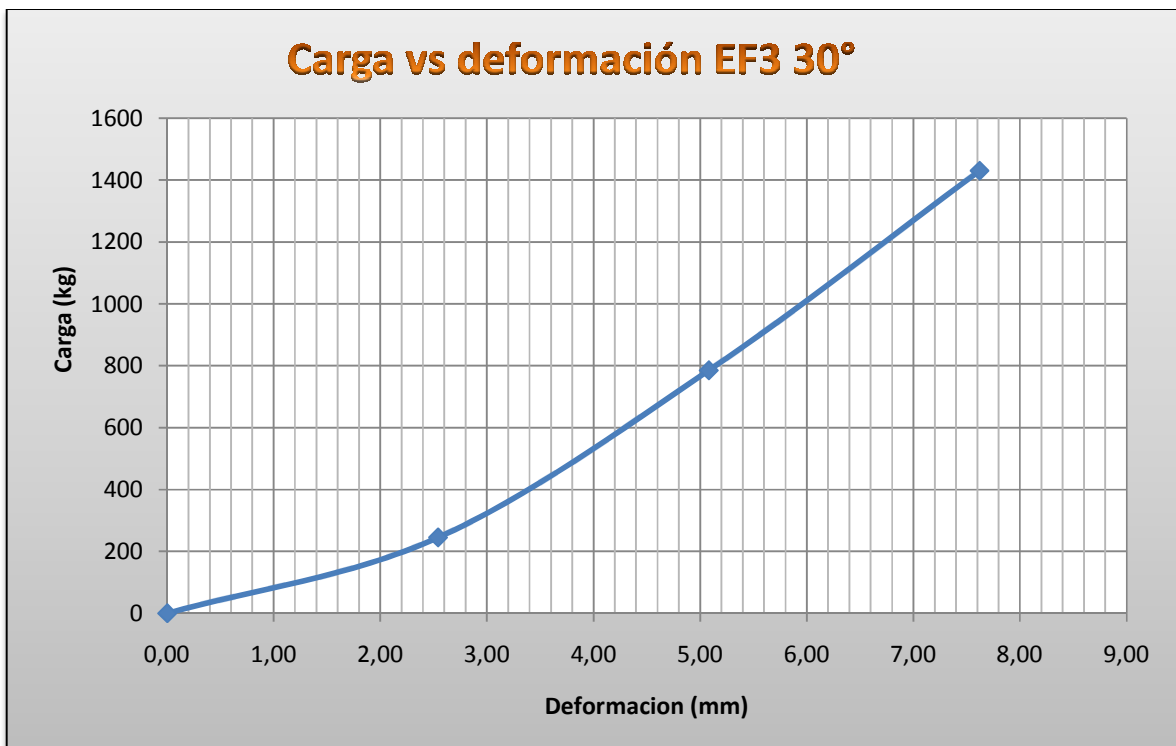


Gráfico 5-30. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 30° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 20°	298.22	62.19	19.74	298.06	61.45	19.67	398.92	59.18	39.72	1770
EF2 20°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	1795
EF3 20°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1895
EF4 20°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	2105
EF5 20°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	2175

Tabla 5-92. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 20° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EF1 20°	0	265	670	1530
EF2 20°	0	240	695	1515
EF3 20°	0	290	695	1620
EF4 20°	0	345	810	1985
EF5 20°	0	350	835	1970

Tabla 5-93. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 20° de Fernansánchez

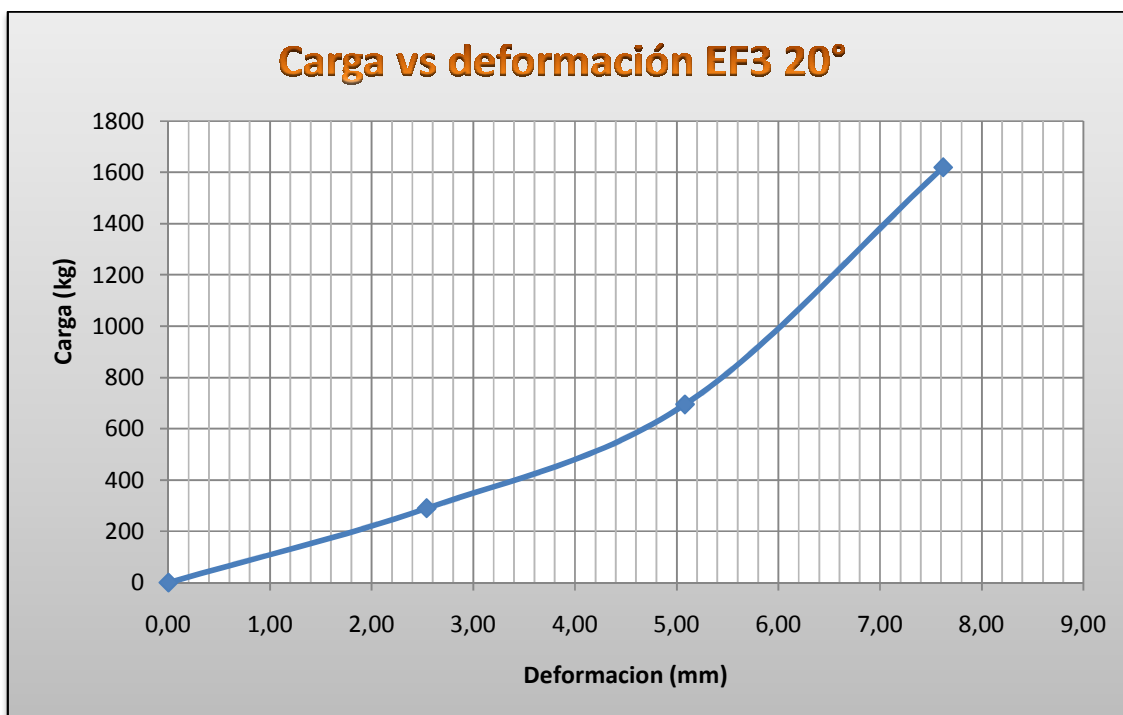


Gráfico 5-31. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 20° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 10°	298.22	62.19	19.74	298.06	61.45	19.67	398.92	59.18	39.72	1920
EF2 10°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	2075
EF3 10°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	2105
EF4 10°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	1930
EF5 10°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	1975

Tabla 5-94. Carga máxima y dimensiones reales para uniones empernadas a 10° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)			
	0.00	2.54	5.08	7.62
EF1 10°	0	635	1330	1830
EF2 10°	0	640	1345	1760
EF3 10°	0	600	1290	1825
EF4 10°	0	585	1265	1895
EF5 10°	0	715	1390	1840

Tabla 5-95. Cargas vs deformaciones para uniones empernadas a 10° de Fernansánchez

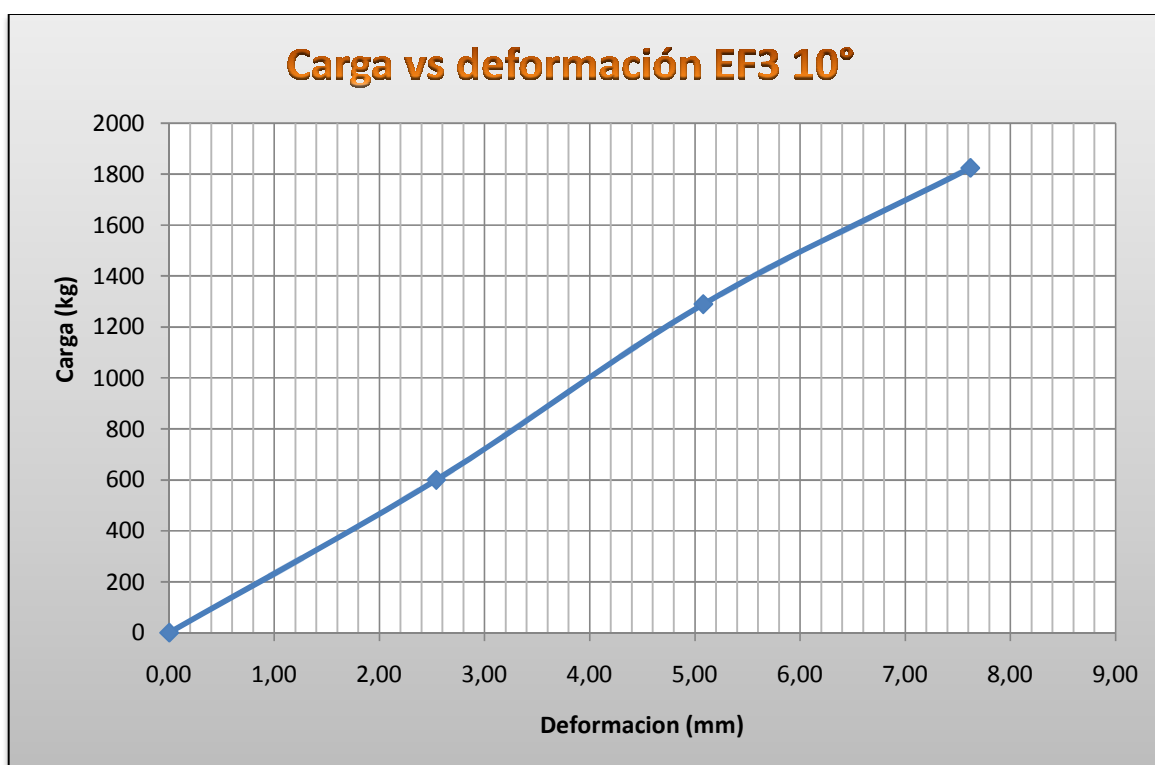


Gráfico 5-32. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión empernada a 10° de Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES (mm)									CARGA MAXIMA (kg)
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
EF1 0°	298.77	61.21	19.8	298.76	59.55	19.42	298.11	59.61	39.93	1960
EF2 0°	298.61	61.66	19.6	298	61.45	19.84	298.82	58.04	39.9	2250
EF3 0°	298.72	61.14	19.66	298.77	60.42	19.26	299.12	59.42	39.82	1950
EF4 0°	298.72	61.11	19.4	298.77	61.1	19.82	298.92	58.76	39.92	2230
EF5 0°	299.03	61.61	19.51	298.55	60.58	19.92	298.03	58.59	40.33	2085

Tabla 5-96. Carga máxima y dimensiones reales para uniones emperradas a 0° de Fernansánchez

MUESTRA	DEFORMACIÓN (mm) / CARGA (kg)		
	0.00	2.54	5.08
EF1 0°	0	1460	1930
EF2 0°	0	1500	2010
EF3 0°	0	1425	1945
EF4 0°	0	1520	2165
EF5 0°	0	1485	2015

Tabla 5-97. Cargas vs deformaciones para uniones emperradas a 0° de Fernansánchez

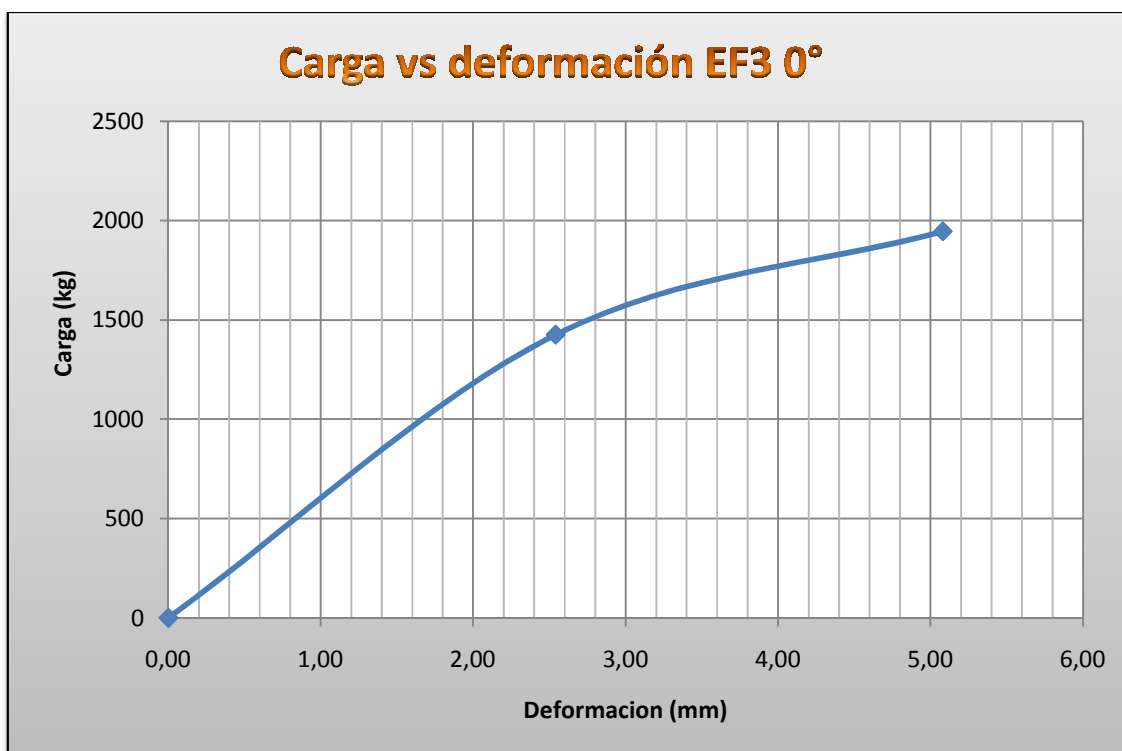


Gráfico 5-33. Curva cargas vs deformación de la muestras 3 de una unión emperrada a 0° de Fernansánchez

### 5.4.3.3. Uniones clavadas



Foto. 5-11 Especímenes a ser ensayados en la máquina de compresión.





**Foto. 5-12. Falla típica de uniones clavadas (se observa que la madera se encuentra intacta y los clavos son los que fallan)**

## Guayacán

MUESTRA	DIMENSIONES REALES GUAYACAN 90°									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 90°	299.62	61.15	20.33	299.56	61.32	19.83	300.12	58.34	40.22	2095
CG2 90°	300.11	61.05	20.19	300.15	60.67	20.03	299.65	58.32	39.11	2065
CG3 90°	298.02	61.13	20.65	300.67	60.21	19.65	299.85	59.76	39.87	2095
CG4 90°	301.43	61.46	19.86	299.18	60.87	19.73	299.02	58.41	38.71	2155
CG5 90°	299.2	60.21	19.11	300.56	59.62	20.15	298.58	59.73	39.82	2155

Tabla 5-98. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 90° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)		
	0	2.54	5.08
CG1 90°	0	1207.5	1875
CG2 90°	0	950	1875
CG3 90°	0	1000	1875
CG4 90°	0	1037.5	1975
CG5 90°	0	1057.5	2100

Tabla 5-99. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 90° de Guayacán.

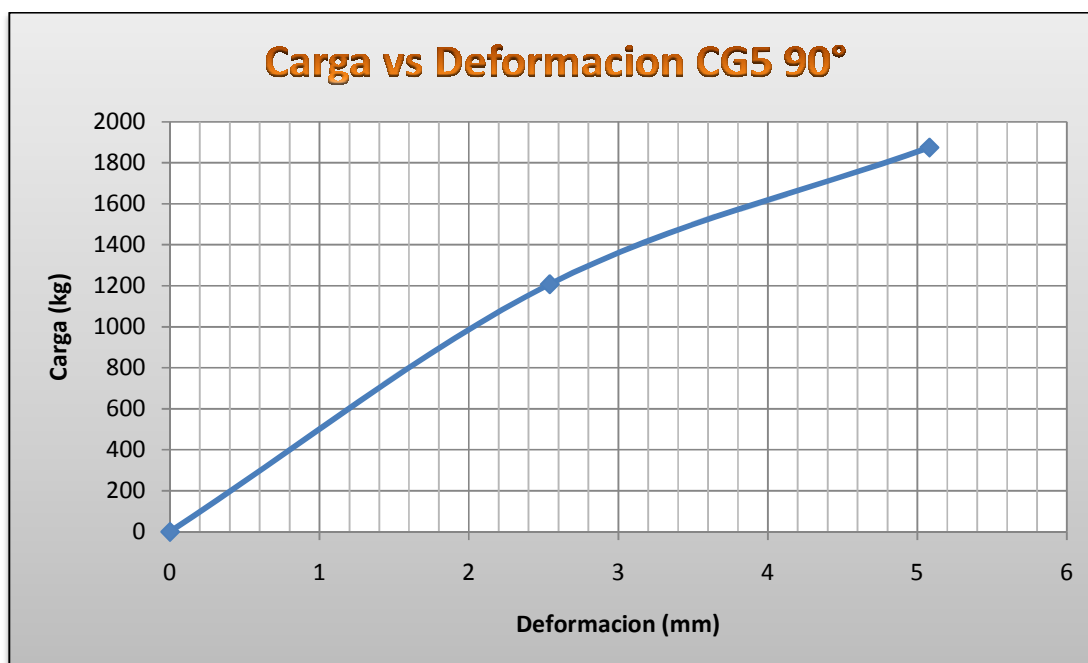


Gráfico 5-34. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 90° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF180°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1305
CF2 80°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1345
CF3 80°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1275
CF4 80°	299.21	61.55	19.44	298.92	61.38	19.5	299	58.83	40.64	1345
CF5 80°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1275

Tabla 5-100. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 80° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)		
	0	2.54	5.08
CF180°	0	875	1300
CF2 80°	0	500	1100
CF3 80°	0	600	1037.5
CF4 80°	0	750	1150
CF5 80°	0	725	1150

Tabla 5-101. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 80° de Guayacán.

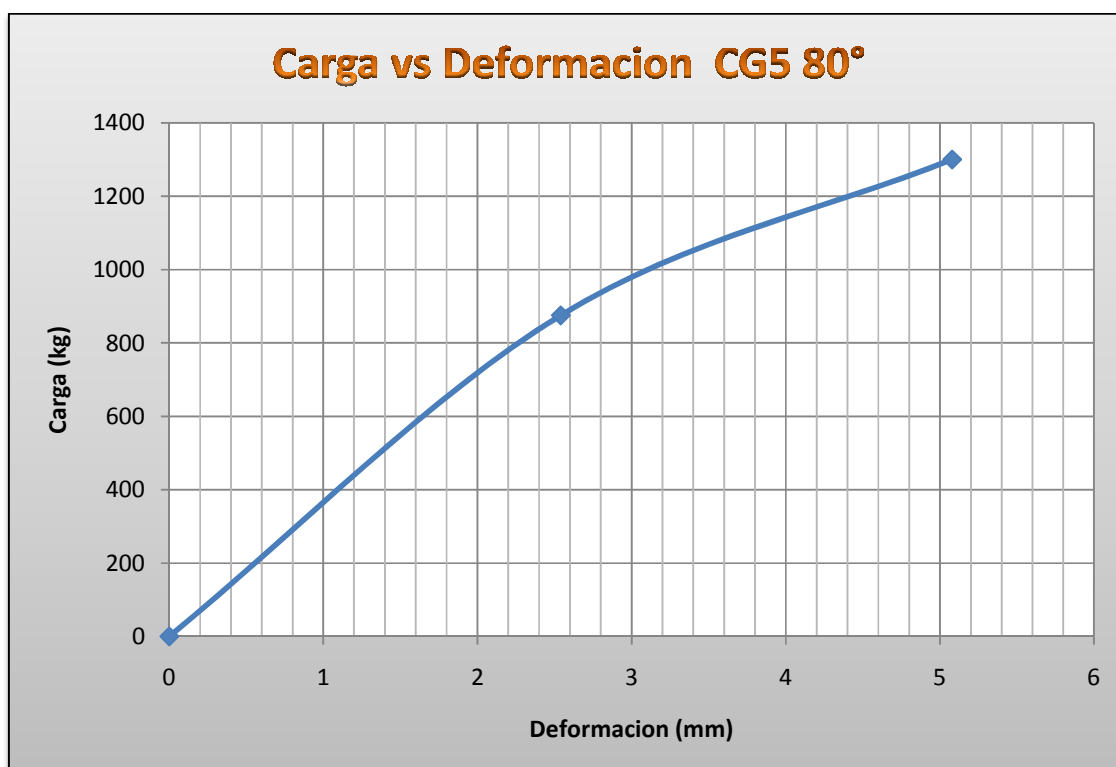


Gráfico 5-35. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 80° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 70°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2335
CG2 70°	300.05	61.01	20.04	299.95	60.74	20.06	299.11	58.65	39.05	2295
CG3 70°	390.97	60.23	20.01	300.49	60.72	19.88	299.75	58.17	39.29	2185
CG4 70°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2355
CG5 70°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2175

Tabla 5-102. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 70° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CG1 70°	0	500	1375	1825	2250
CG2 70°	0	475	1375	1700	2050
CG3 70°	0	150	725	1500	2150
CG4 70°	0	250	800	1600	2125
CG5 70°	0	300	825	1550	2150

Tabla 5-103. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 70° de Guayacán.

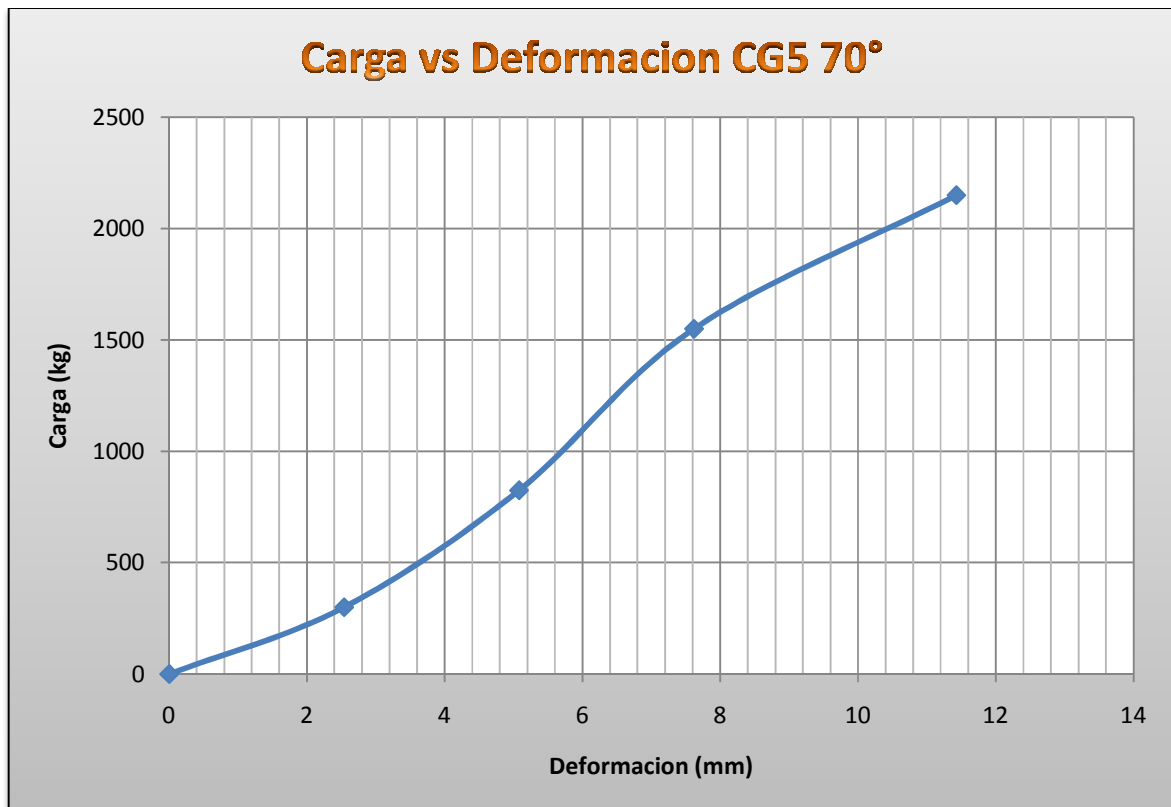


Gráfico 5-36. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 70° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 60°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2055
CG2 60°	300.01	60.45	19.67	299.35	61.33	19.53	399.21	59.22	40.1	2095
CG3 60°	297.85	61.19	20.7	300.43	60.33	19.68	299.97	59.79	39.42	2145
CG4 60°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2015
CG5 60°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2085

Tabla 5-104. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 60° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CG1 60°	0	300	1000	1675
CG2 60°	0	875	1600	2075
CG3 60°	0	425	1325	2000
CG4 60°	0	400	1400	2000
CG5 60°	0	500	1550	2050

Tabla 5-105. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 60° de Guayacán.

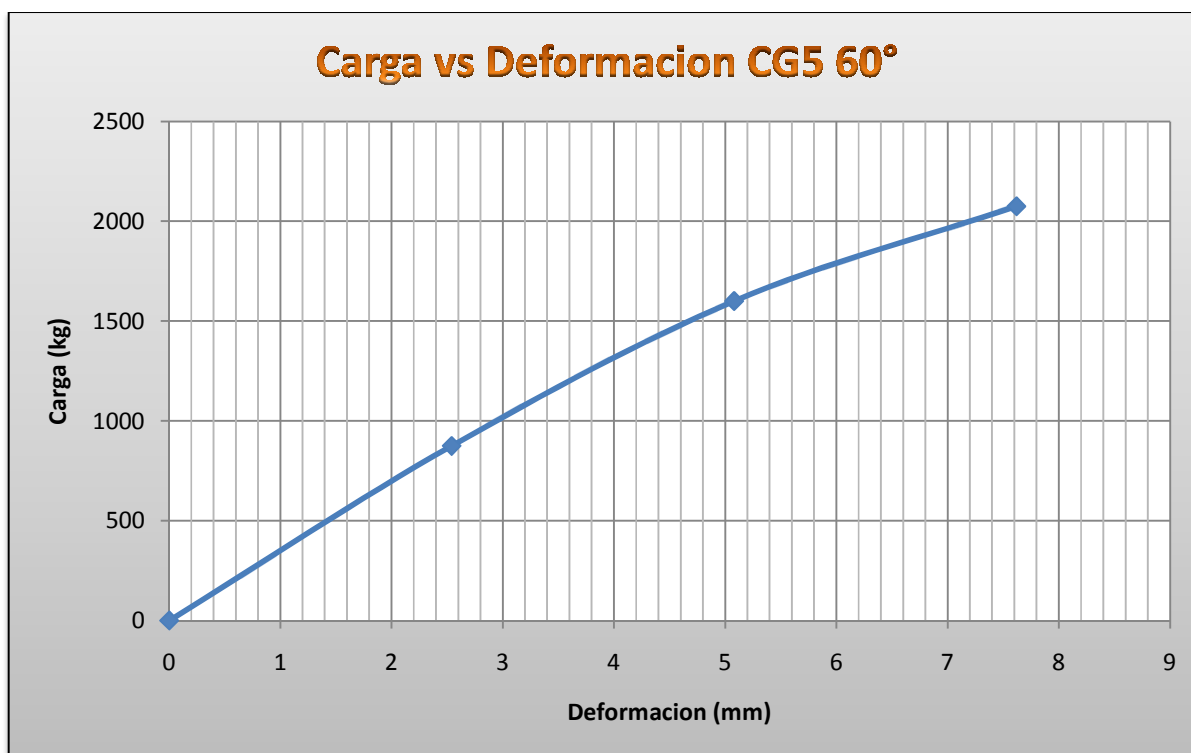


Gráfico 5-37. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 60° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 50°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2235
CG2 50°	297.85	61.19	20.7	300.43	60.33	19.68	299.97	59.79	39.42	1915
CG3 50°	390.97	60.23	20.01	300.49	60.72	19.88	299.75	58.17	39.29	2210
CG4 50°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2025
CG5 50°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2235

Tabla 5-106. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 50° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)					
	0	2.54	5.08	7.62	11.43	19.6
CG1 50°	0	500	925	1300	1675	2200
CG2 50°	0	450	750	1250	1750	
CG3 50°	0	150	550	1250	1450	2100
CG4 50°	0	75	250	500	1350	2000
CG5 50°	0	100	450	1000	1550	2100

Tabla 5-107. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 50° de Guayacán.

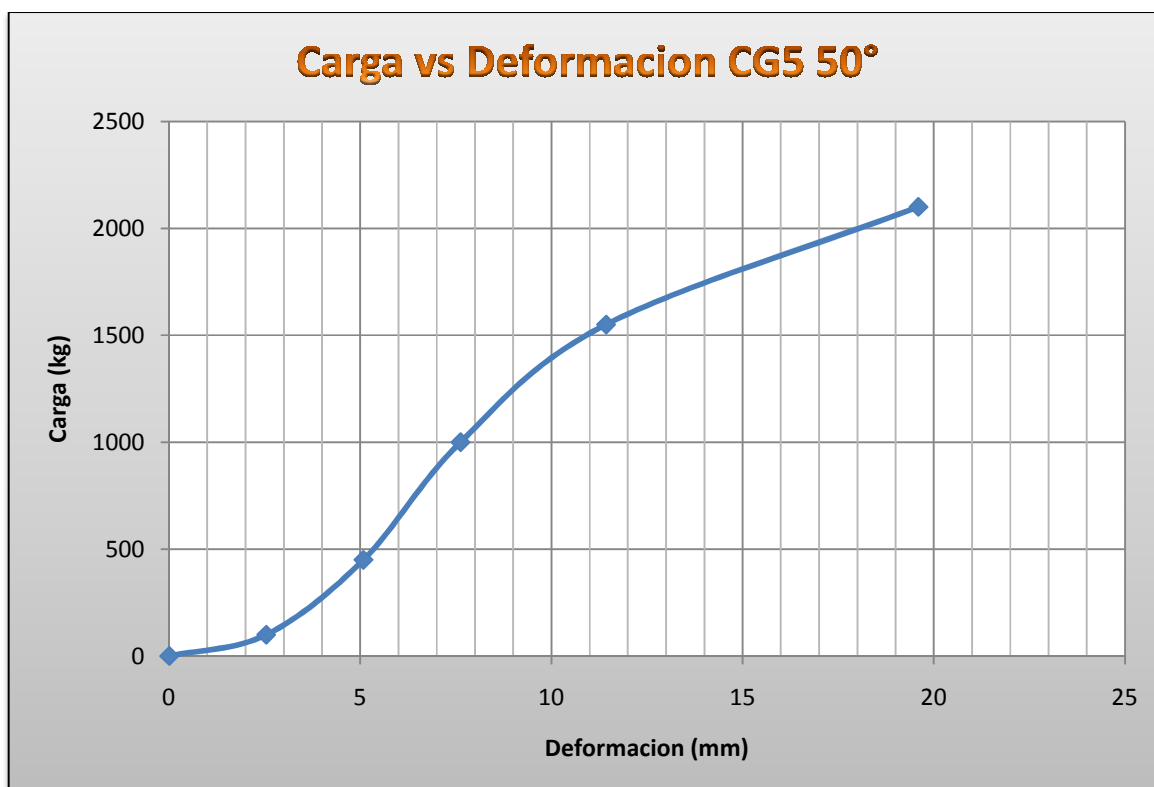


Gráfico 5-38. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 50° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 40°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2400
CG2 40°	300.01	60.45	19.67	299.35	61.33	19.53	399.21	59.22	40.1	2315
CG3 40°	297.85	61.19	20.7	300.43	60.33	19.68	299.97	59.79	39.42	2265
CG4 40°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2275
CG5 40°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2425

Tabla 5-108. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 40° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CG140°	0	260	840	1340	2200
CG2 40°	0	320	930	1540	2120
CG3 40°	0	220	760	1480	2100
CG4 40°	0	300	860	1460	2150
CG5 40°	0	332.4	930.6	1429	2393

Tabla 5-109. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 40° de Guayacán.

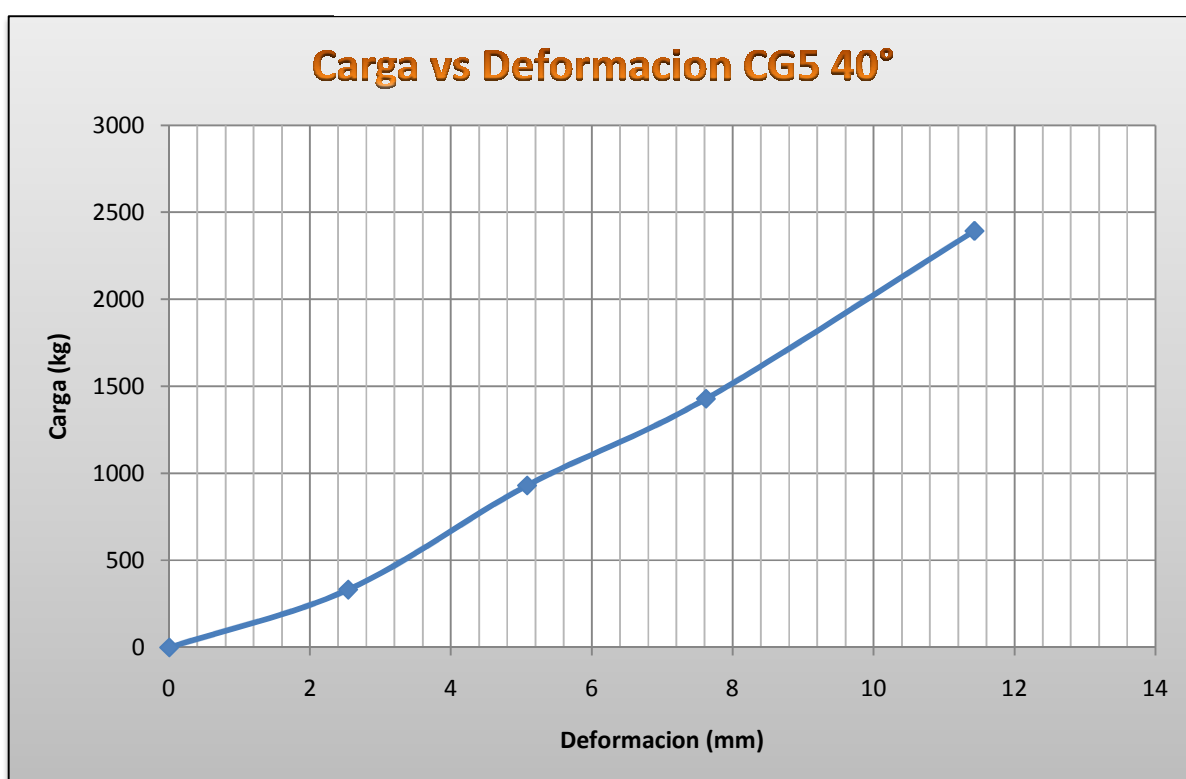


Gráfico 5-39. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 40° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 30°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	1780
CG2 30°	300.01	60.45	19.67	299.35	61.33	19.53	399.21	59.22	40.1	2075
CG3 30°	390.97	60.23	20.01	300.49	60.72	19.88	299.75	58.17	39.29	2005
CG4 30°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2060
CG5 30°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	1920

Tabla 5-110. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 30° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CG130°	0	654	1540	1700
CG2 30°	0	442	1320	1950
CG3 30°	0	640	1540	1900
CG4 30°	0	660	1420	1860
CG5 30°	0	764	1662	1862

Tabla 5-111. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 30° de Guayacán.

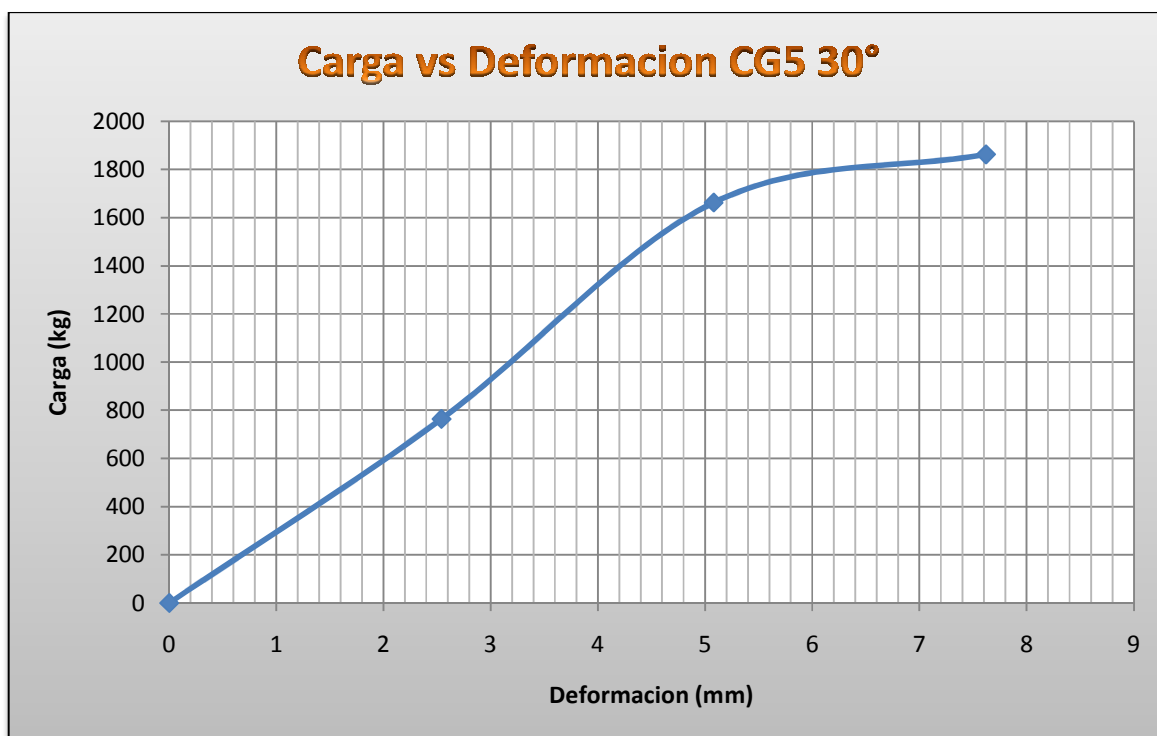


Gráfico 5-40. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 30° de Guayacán.



MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 20°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	1990
CG2 20°	297.85	61.19	20.7	300.43	60.33	19.68	299.97	59.79	39.42	2225
CG3 20°	390.97	60.23	20.01	300.49	60.72	19.88	299.75	58.17	39.29	2310
CG4 20°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2430
CG5 20°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2170

Tabla 5-112. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 20° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CG1 20°	0	650	1430	1830
CG2 20°	0	540	1540	2100
CG3 20°	0	769	1640	2120
CG4 20°	0	480	1720	2240
CG5 20°	0	731	1828	2160

Tabla 5-113. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 20° de Guayacán.

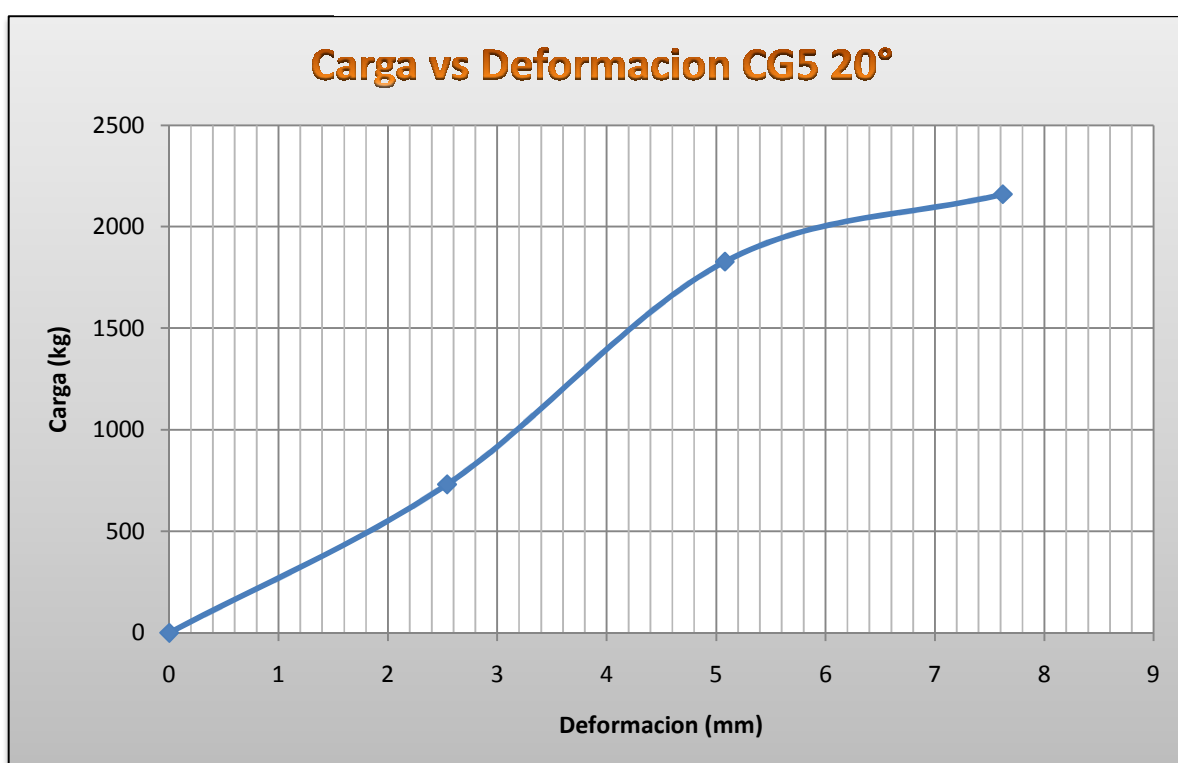


Gráfico 5-41. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 20° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 10°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2265
CG2 10°	300.01	60.45	19.67	299.35	61.33	19.53	399.21	59.22	40.1	2065
CG3 10°	390.97	60.23	20.01	300.49	60.72	19.88	299.75	58.17	39.29	2140
CG4 10°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2180
CG5 10°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2225

Tabla 5-114. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 10° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CG1 10°	0	760	1500	2060
CG2 10°	0	670	1340	1920
CG3 10°	0	560	1560	2080
CG4 10°	0	670	1760	2100
CG5 10°	0	731	1828	2210

Tabla 5-115. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 10° de Guayacán.

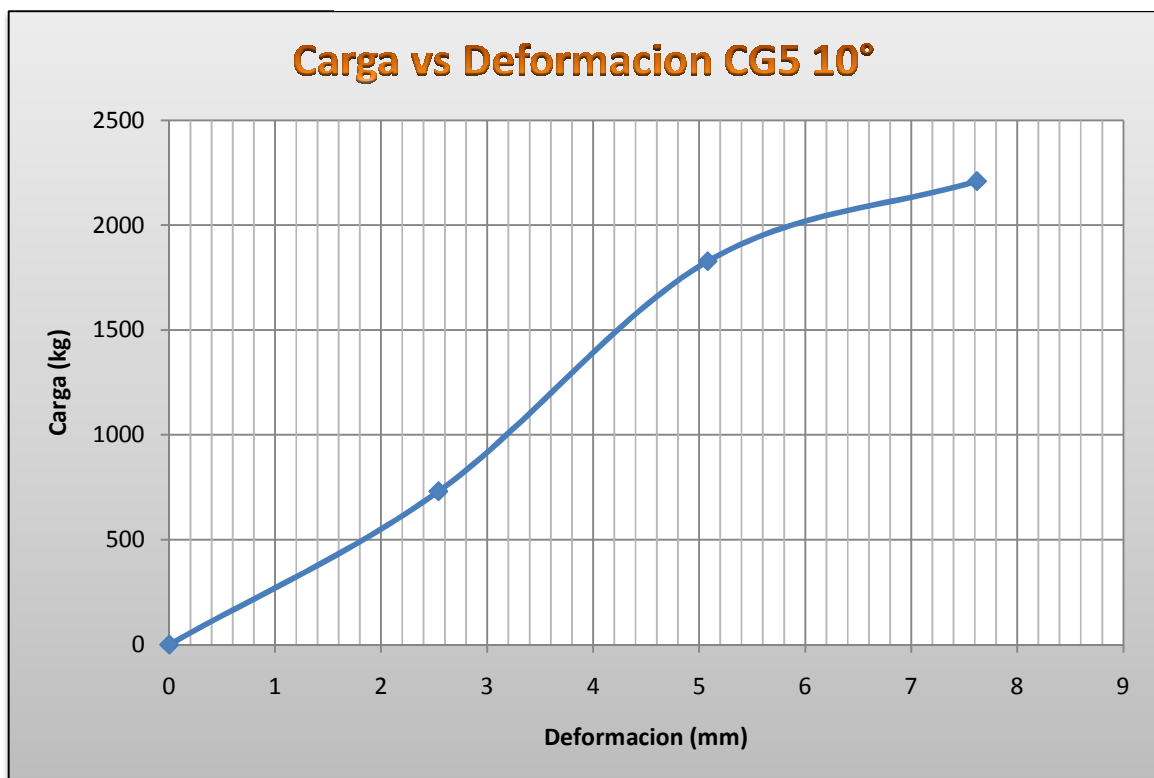


Gráfico 5-42. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 10° de Guayacán.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CG1 0°	299.54	61.16	20.15	299.52	61.53	19.76	300.05	58.35	39.27	2165
CG2 0°	300.01	60.45	19.67	299.35	61.33	19.53	399.21	59.22	40.1	2390
CG3 0°	297.85	61.19	20.7	300.43	60.33	19.68	299.97	59.79	39.42	2385
CG4 0°	301.09	61.3	19.88	300.07	60.58	19.73	299.04	58.44	38.82	2180
CG5 0°	299.52	60.76	19.39	300.42	58.22	20.11	298.52	59.71	39.87	2565

Tabla 5-116. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 0° de Guayacán.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)		
	0	2.54	5.08
CG130°	0	1360	2090
CG2 30°	0	1467	2190
CG3 30°	0	1568	2230
CG4 30°	0	1496	2143
CG5 30°	0	1828	2260

Tabla 5-117. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 0° de Guayacán.

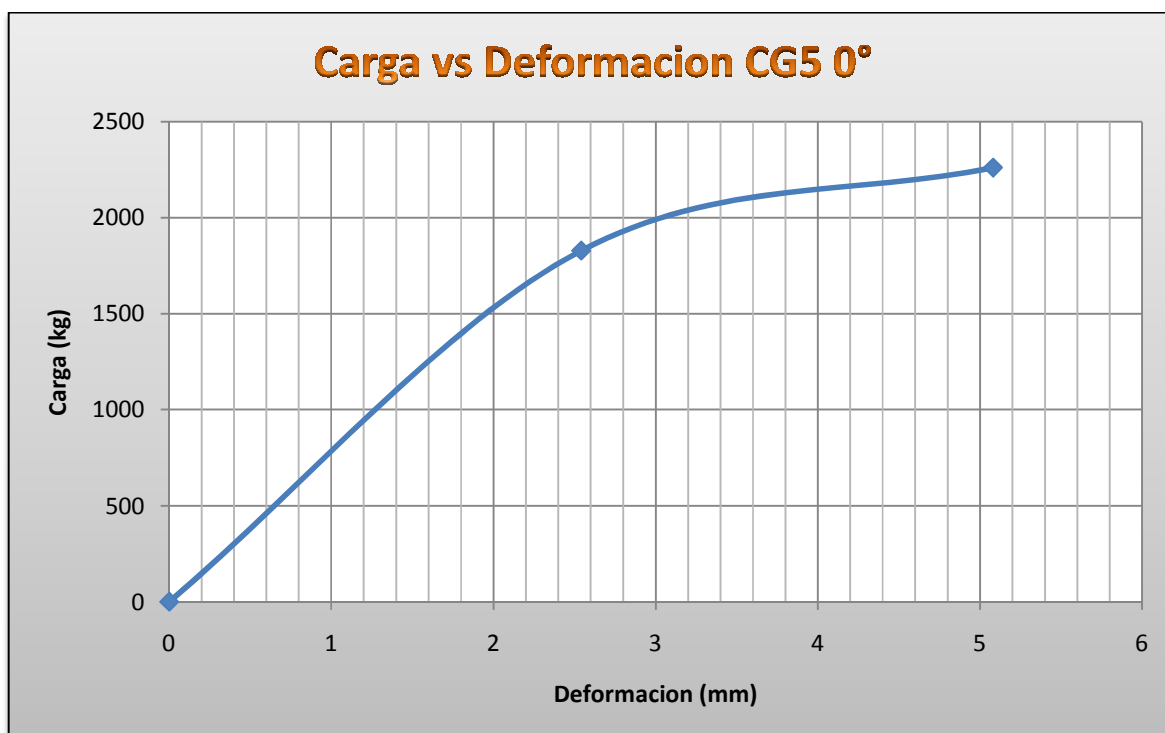


Gráfico 5-43. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 0° de Guayacán.

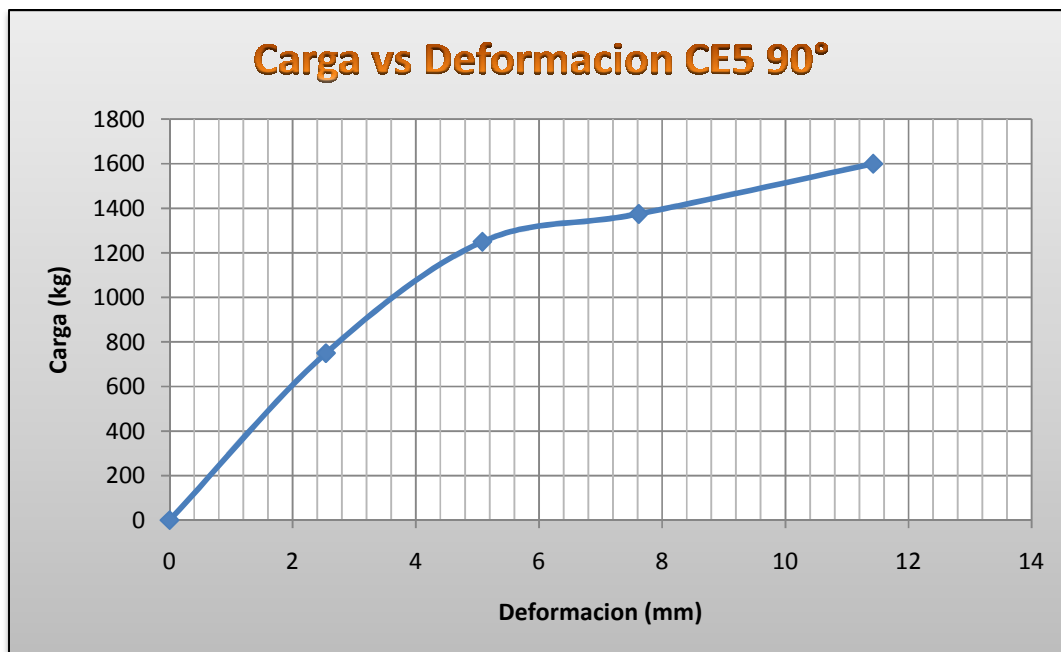
**Eucalipto Globulus.**

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 90°	299.64	61.13	20.22	299.56	61.43	19.83	300.05	58.34	39.23	1605
CE2 90°	300.07	61.01	20.05	299.78	60.53	20.03	299.15	58.32	39.05	1675
CE3 90°	300.01	60.33	19.76	299.43	61.73	19.58	399.43	59.44	40.17	1515
CE4 90°	390.98	60.21	20.01	300.23	60.56	19.77	299.76	58.2	39.32	1755
CE5 90°	299.55	60.21	19.24	300.23	58.27	20.15	298.58	59.73	39.84	1685

**Tabla 5-118. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 90° de Eucalipto Globulus.**

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CE1 90°	0	750	1250	1375	1600
CE2 90°	0	525	1200	1532.5	
CE3 90°	0	650	1300	1500	
CE4 90°	0	475	1100	1375	
CE5 90°	0	550	1250	1600	

**Tabla 5-119. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 90° de Eucalipto Globulus.**



**Gráfico 5-44. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 90° de Eucalipto Globulus.**

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 80°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1735
CE2 80°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1695
CE3 80°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1725
CE4 80°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1565
CE5 80°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1745

Tabla 5-120. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 80° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CE1 80°	0	237.5	775	1350
CE2 80°	0	1000	1487.5	
CE3 80°	0	600	1300	1625
CE4 80°	0	712.5	1325	
CE5 80°	0	800	1425	

Tabla 5-121. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 80° de Eucalipto Globulus.

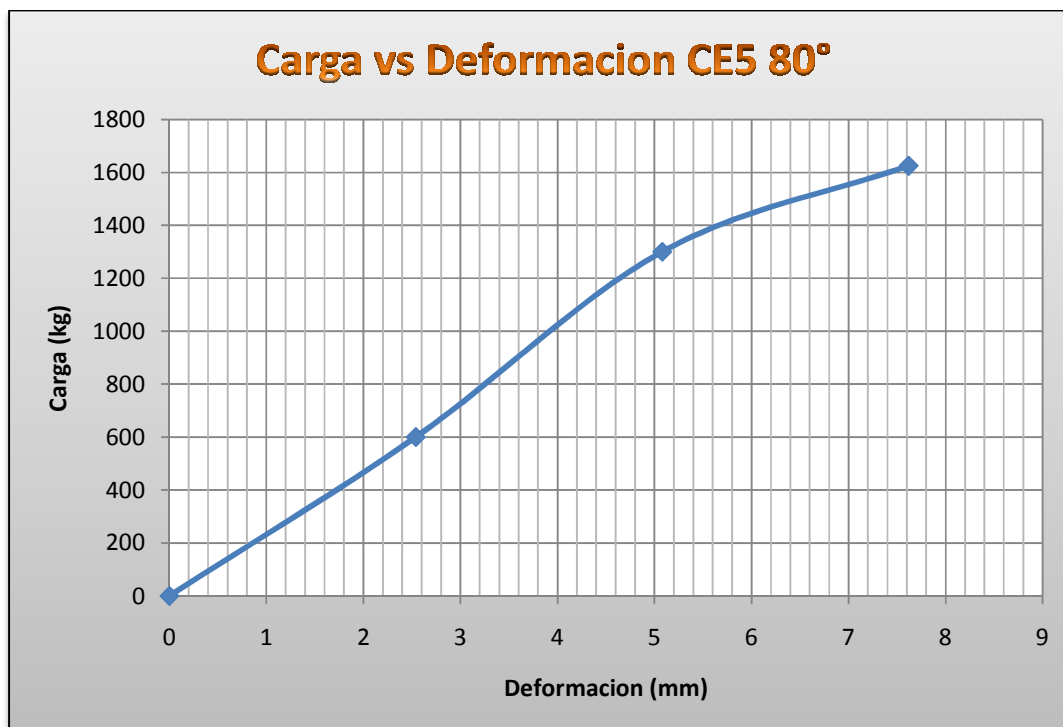


Gráfico 5-45. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 80° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 70°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1485
CE2 70°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1515
CE3 70°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1625
CE4 70°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1795
CE5 70°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1485

Tabla 5-122. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 70° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CE1 70°	0	500	700	1188	1450
CE2 70°	0	250	775	1225	1400
CE3 70°	0	275	875	1250	1600
CE4 70°	0	270	800	1215	1500
CE5 70°	0	300	750	1150	1400

Tabla 5-123. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 70° de Eucalipto Globulus.

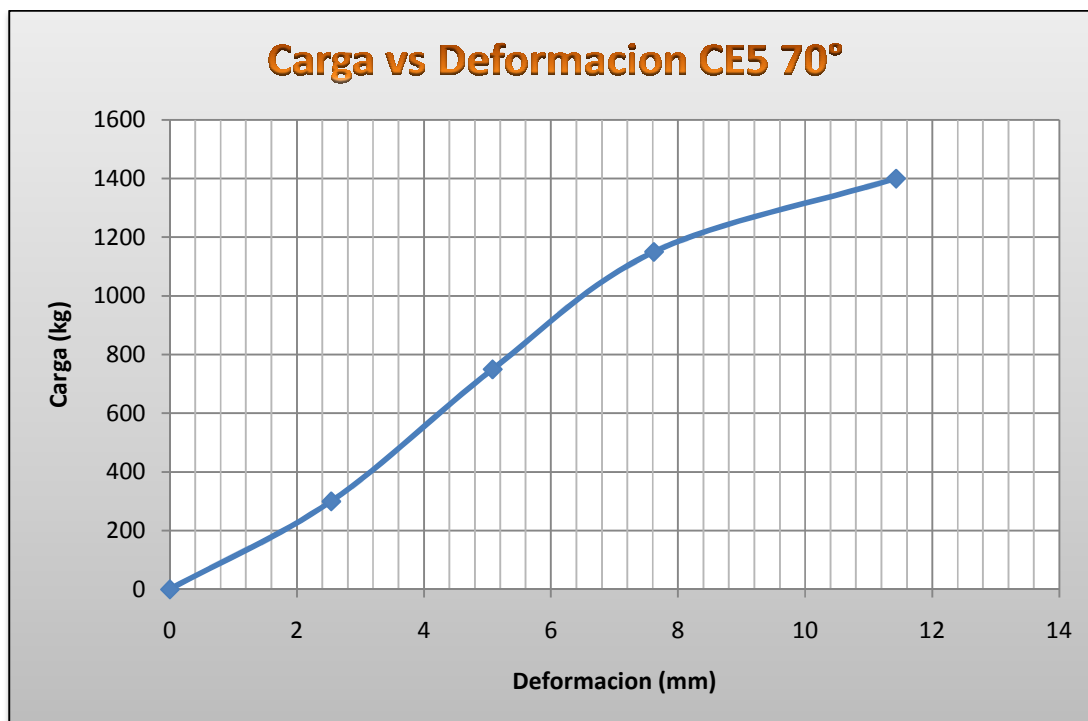


Gráfico 5-46. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 70° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 60°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1505
CE2 60°	298.52	61.29	19.63	299.33	61.13	19.72	299.42	60.18	39.7	1525
CE3 60°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1665
CE4 60°	298.83	59.55	19.23	298.99	60.45	19.33	299	59.23	39.07	1665
CE5 60°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1685

Tabla 5-124. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 60° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CE1 60°	0	325	725	1250	1475
CE2 60°	0	475	1000	1300	1525
CE3 60°	0	450	800	1150	1550
CE4 60°	0	550	1100	1350	1600
CE5 60°	0	570	1200	1400	1650

Tabla 5-125. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 60° de Eucalipto Globulus.

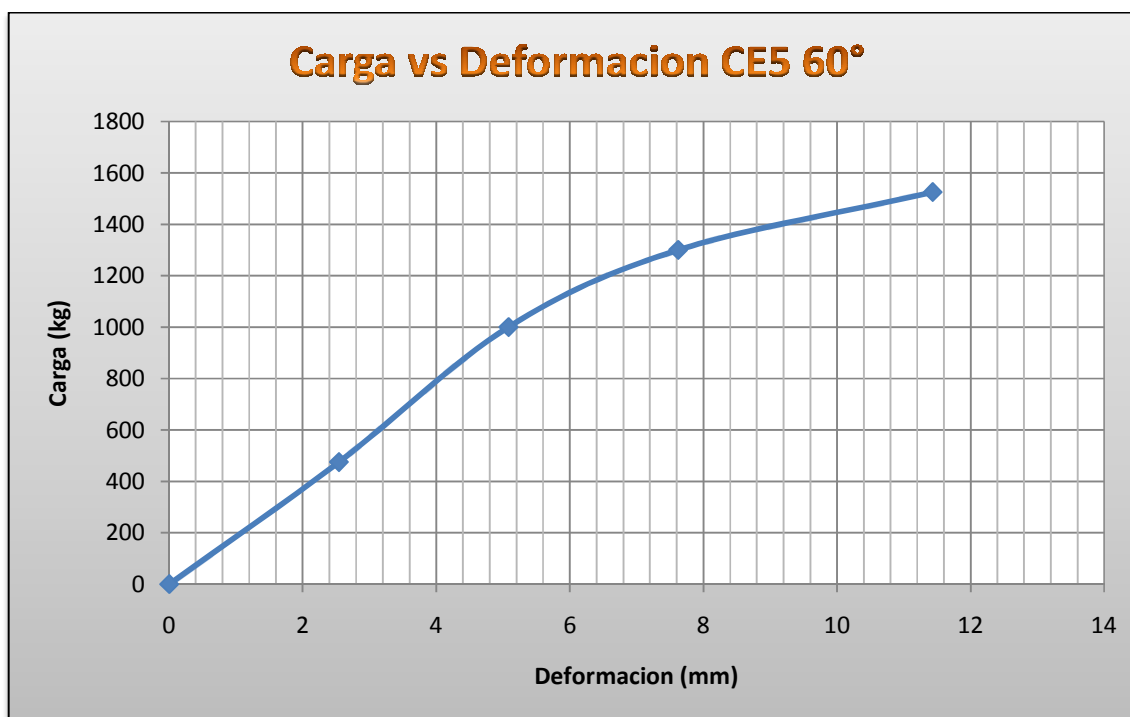


Gráfico 5-47. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 60° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MÁXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 50°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1595
CE2 50°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1665
CE3 50°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1715
CE4 50°	298.83	59.55	19.23	298.99	60.45	19.33	299	59.23	39.07	1735
CE5 50°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1615

Tabla 5-126. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 50° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CE1 50°	0	300	775	1100	1400
CE2 50°	0	250	650	1050	1550
CE3 50°	0	350	850	1350	1650
CE4 50°	0	450	950	1400	1660
CE5 50°	0	275	875	1200	1525

Tabla 5-127. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 50° de Eucalipto Globulus.

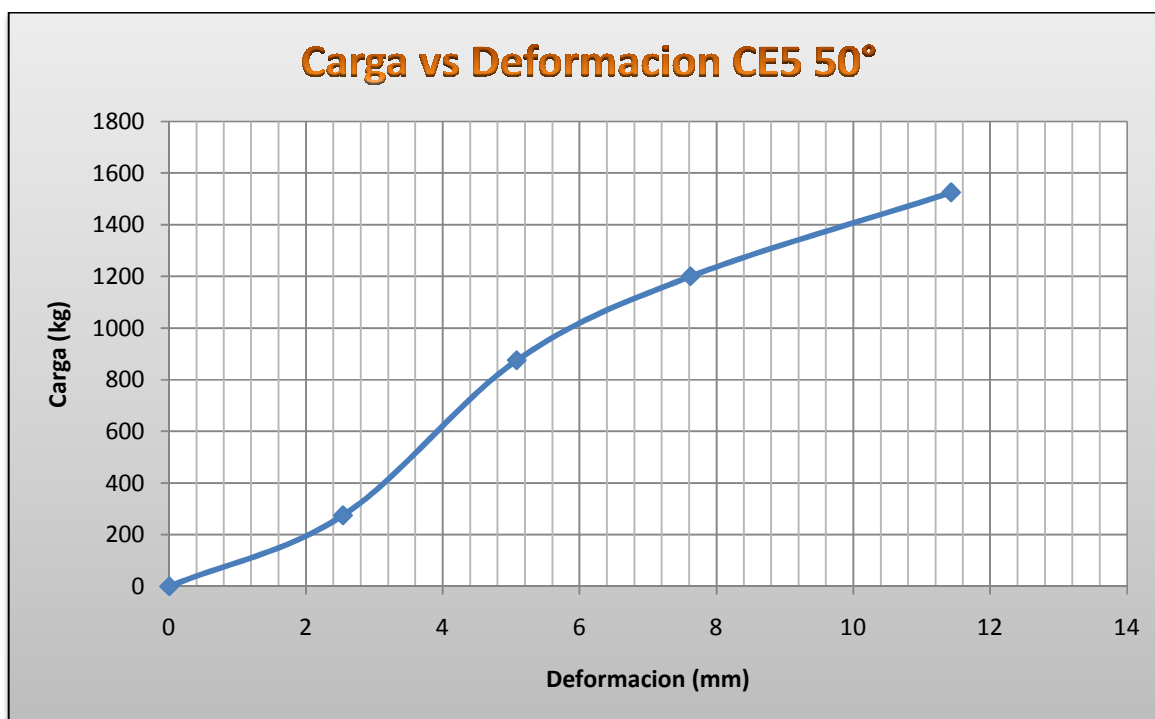


Gráfico 5-48. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 50° de Eucalipto Globulus.



MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 40°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1565
CE2 40°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1880
CE3 40°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1730
CE4 40°	298.83	59.55	19.23	298.99	60.45	19.33	299	59.23	39.07	1890
CE5 40°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1810

Tabla 5-128. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 40° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CE1 40°	0	99.7	299	665	1296
CE2 40°	0	140	430	760	1430
CF3 40°	0	100	350	840	1380
CF4 40°	0	120	456	950	1420
CF5 40°	0	133	598	997	1362

Tabla 5-129. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 40° de Eucalipto Globulus.

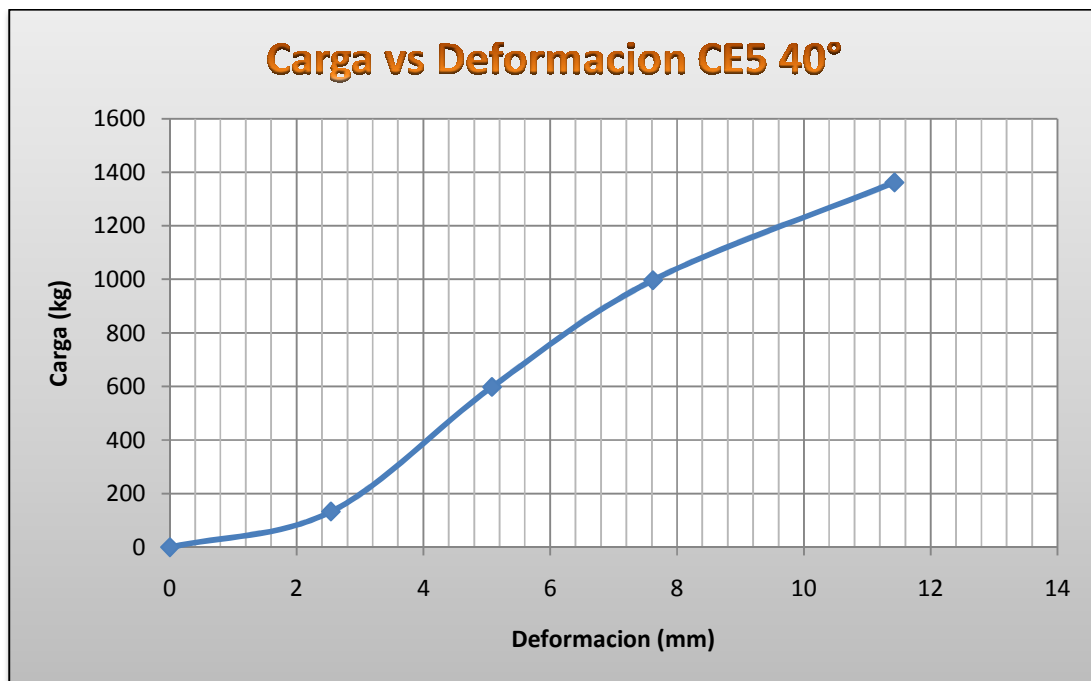


Gráfico 5-49. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 40° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 30°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1455
CE2 30°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1295
CE3 30°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1400
CE4 30°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1640
CE5 30°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1340

Tabla 5-130. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 30° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CE130°	0	930	1144	1390
CE2 30°	0	860	1050	1150
CE3 30°	0	870	1100	1260
CE4 30°	0	760	1060	1460
CE5 30°	0	831	1163	1330

Tabla 5-131. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 30° de Eucalipto Globulus.

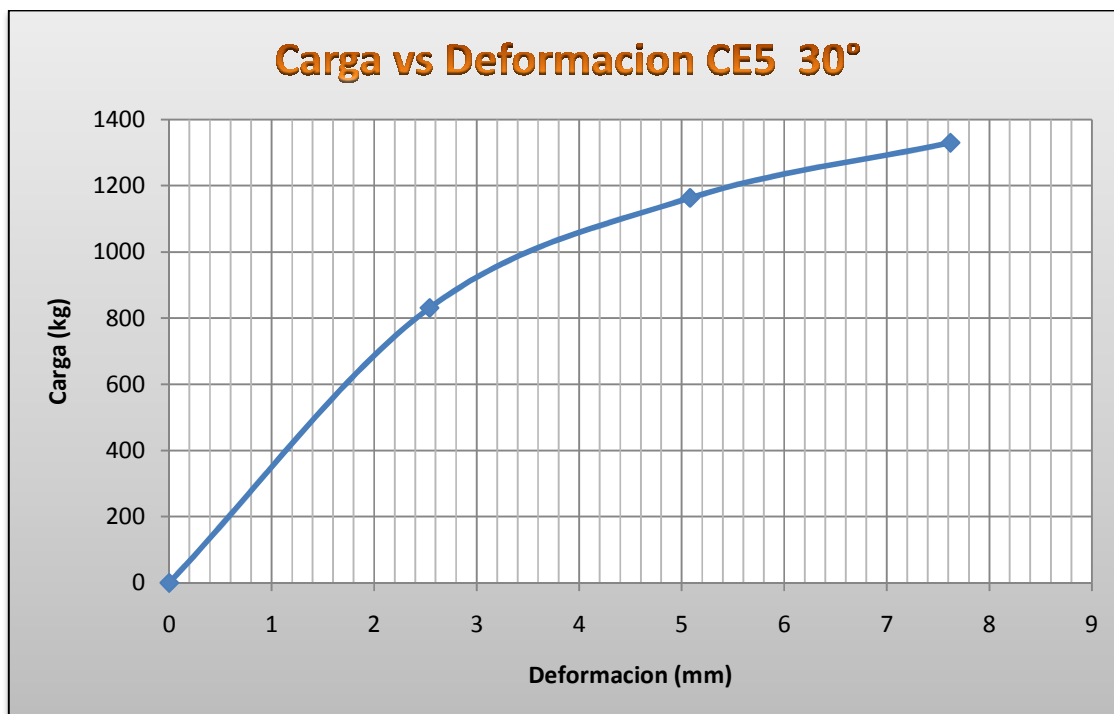


Gráfico 5-50. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 30° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 20°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1730
CE2 20°	298.52	61.29	19.63	299.33	61.13	19.72	299.42	60.18	39.7	1675
CE3 20°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1790
CE4 20°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1755
CE5 20°	298.82	61.46	19.55	299.48	59.95	20.12	299.56	60.3	39.44	1795

Tabla 5-132. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 20° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CE1 20°	0	760	1200	1680
CE2 20°	0	869	1140	1598
CE3 20°	0	720	1256	1765
CE4 20°	0	834	1320	1730
CE5 20°	0	831	1462	1728

Tabla 5-133. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 20° de Eucalipto Globulus.

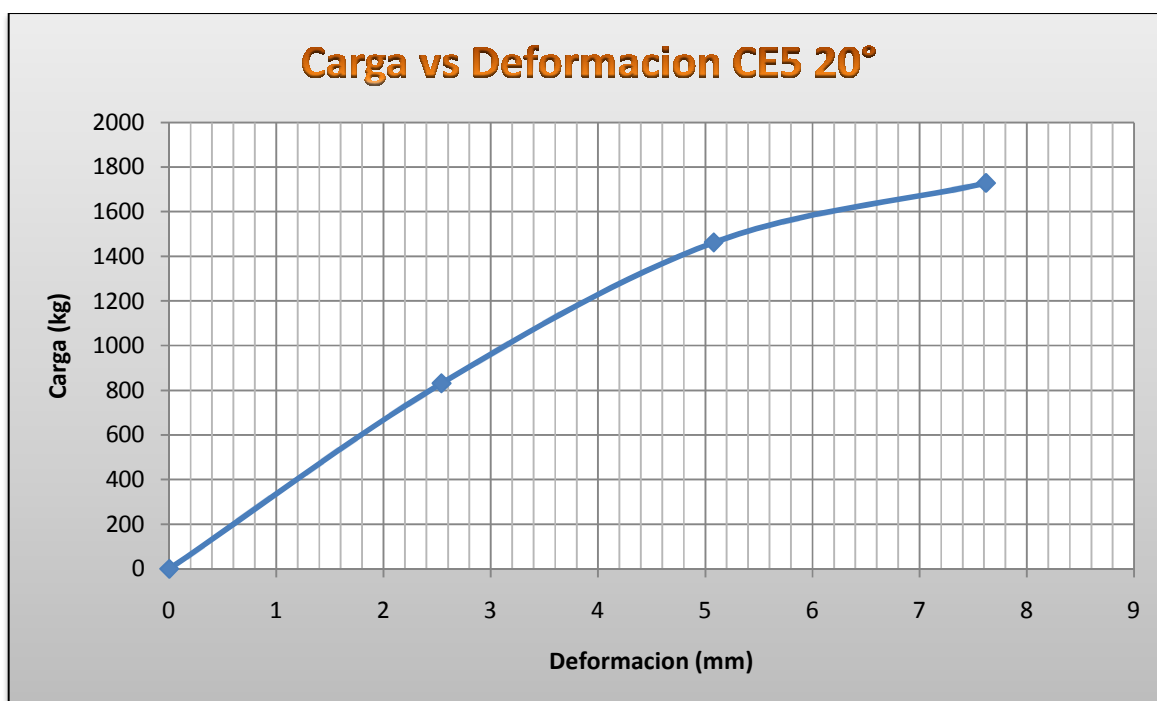


Gráfico 5-51. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 20° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 10°	299.11	60.65	19.02	298.88	61.04	19.89	299.21	59.62	39.65	1715
CE2 10°	298.52	61.29	19.63	299.33	61.13	19.72	299.42	60.18	39.7	1550
CE3 10°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1690
CE4 10°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1435
CE5 10°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1520

Tabla 5-134. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 10° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CE1 10°	0	540	1120	1650
CE2 10°	0	640	1060	1438
CE3 10°	0	480	1130	1546
CE4 10°	0	540	1140	1246
CE5 10°	0	698	1396	1512

Tabla 5-135. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 10° de Eucalipto Globulus.

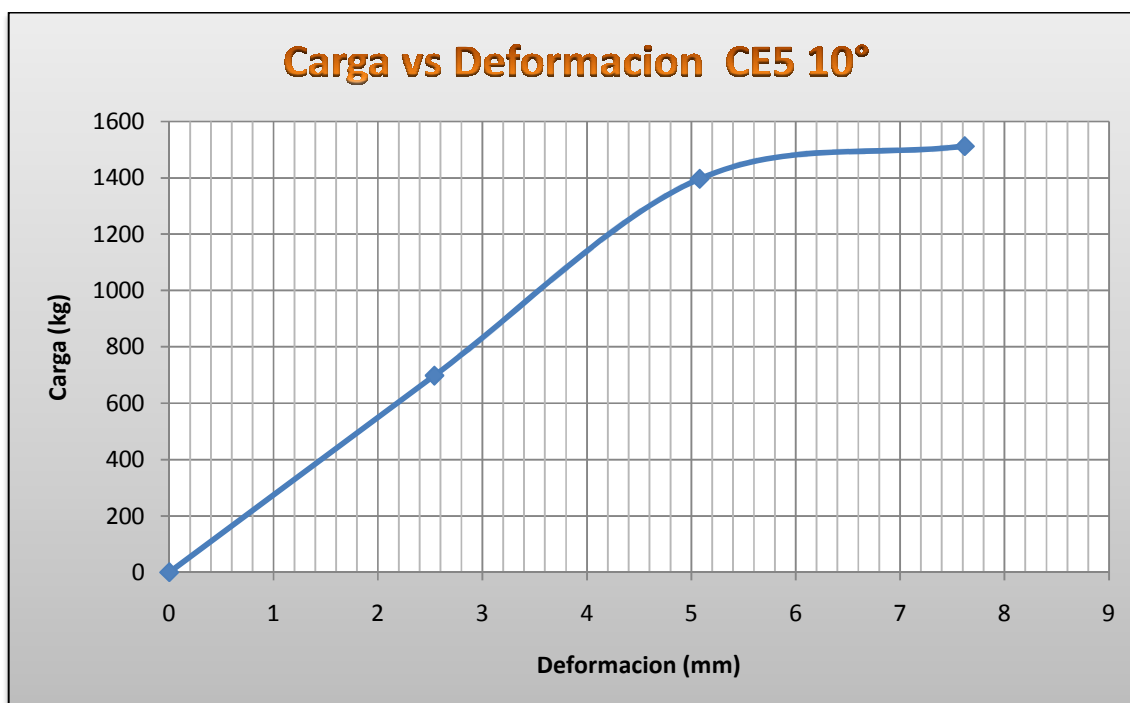


Gráfico 5-52. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 10° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CE1 0°	298.52	61.29	19.63	299.33	61.13	19.72	299.42	60.18	39.7	1675
CE2 0°	300	58.8	19.45	299.17	60.28	19.51	299.2	60.88	39.82	1575
CE3 0°	298.83	60.56	19.64	299.22	58.64	19.85	299.2	59.9	39.83	1515
CE4 0°	298.83	59.55	19.23	298.99	60.45	19.33	299	59.23	39.07	1655
CE5 0°	298.72	61.66	19.57	299.43	60.98	20.09	299.21	59.45	39.35	1660

Tabla 5-136. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 0° de Eucalipto Globulus.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CE1 0°	0	580	1120	
CE2 0°	0	670	1320	
CE3 0°	0	760	1348	1500
CE4 0°	0	665	1429	1562
CE5 0°	0	1130	1595	

Tabla 5-137. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 0° de Eucalipto Globulus.

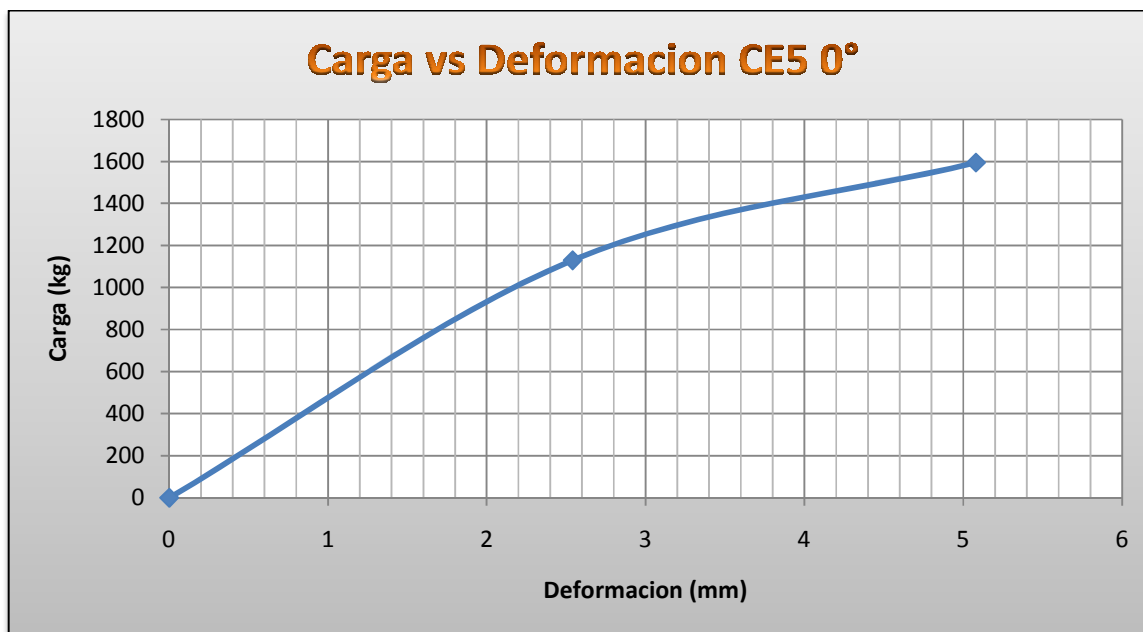


Gráfico 5-53. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 0° de Eucalipto Globulus.

### Fernansánchez

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 90°	300.62	60.09	19.87	300.76	61.23	20.04	300.12	58.34	40.22	1130
CF2 90°	300.12	60.21	20.08	298.77	59.76	19.56	399.98	59.44	40.32	1295
CF3 90°	298.29	59.45	21.09	300.98	61.44	21.12	299.85	59.76	39.87	1255
CF4 90°	390.02	58.77	20.29	301.54	60.32	19.54	299.23	58.2	39.92	1290
CF5 90°	299.19	60.21	19.65	299.65	58.45	21.09	298.58	59.73	39.82	1385

Tabla 5-138. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 90° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CF1 90°	0	672.5	1025		
CF2 90°	0	700	1125	1212.5	1250
CF3 90°	0	550	1000	1225	
CF4 90°	0	675	1075		
CF5 90°	0	725	1125	1200	1362.5

Tabla 5-139. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 90° de Fernansánchez.

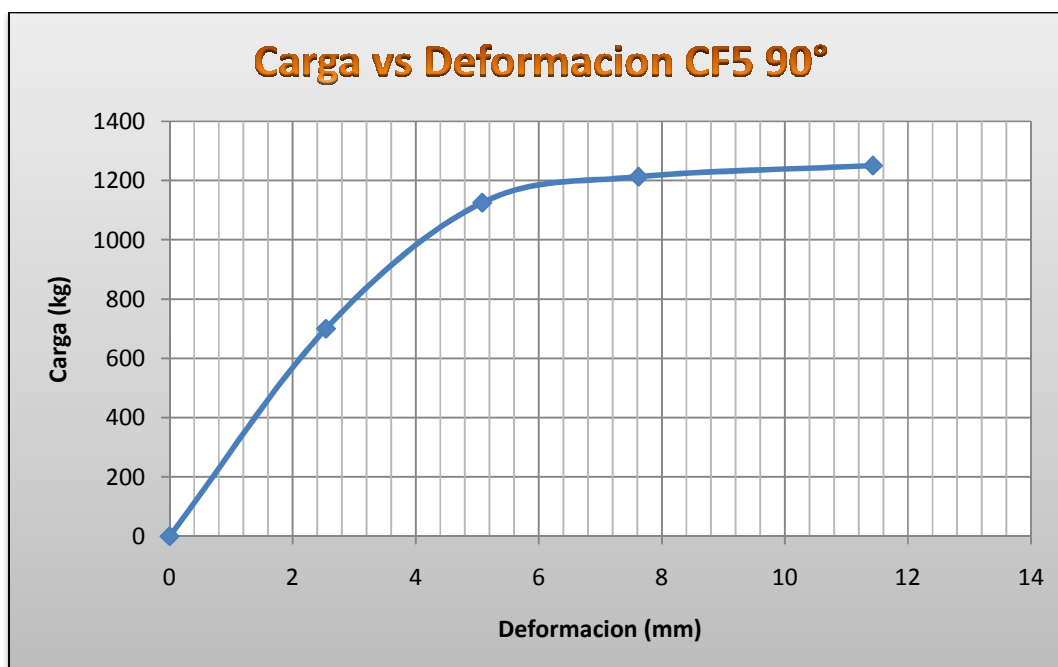


Gráfico 5-54. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 90° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF180°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1305
CF2 80°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1345
CF3 80°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1275
CF4 80°	299.21	61.55	19.44	298.92	61.38	19.5	299	58.83	40.64	1345
CF5 80°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1275

Tabla 5-140. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 80° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)		
	0	2.54	5.08
CF180°	0	875	1300
CF2 80°	0	500	1100
CF3 80°	0	600	1037.5
CF4 80°	0	750	1150
CF5 80°	0	725	1150

Tabla 5-141. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 80° de Fernansánchez.

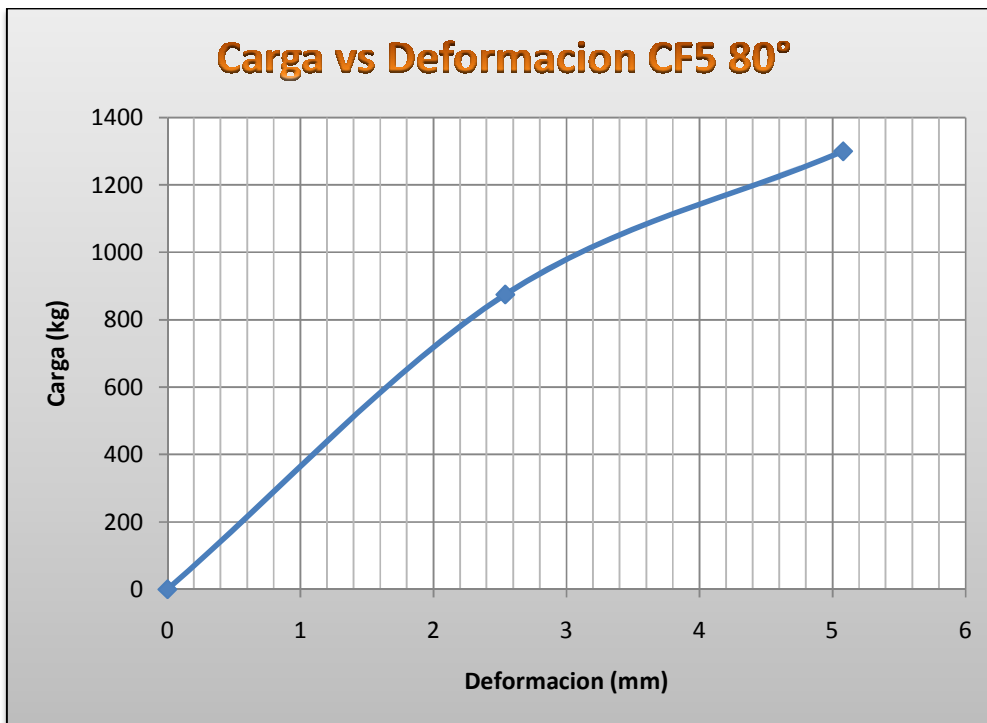


Gráfico 5-55. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 80° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 70°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1295
CF2 70°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1375
CF3 70°	298.93	61.09	19.59	299.2	61.48	19.73	298.93	58.53	40.04	1305
CF4 70°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1455
CF5 70°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1235

Tabla 5-142. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 70° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CF1 70°	0	275	600	1000	1225
CF2 70°	0	300	715	1050	1200
CF3 70°	0	280	750	1100	1250
CF4 70°	0	375	825	1100	1350
CF5 70°	0	350	600	1040	1250

Tabla 5-143. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 70° de Fernansánchez.

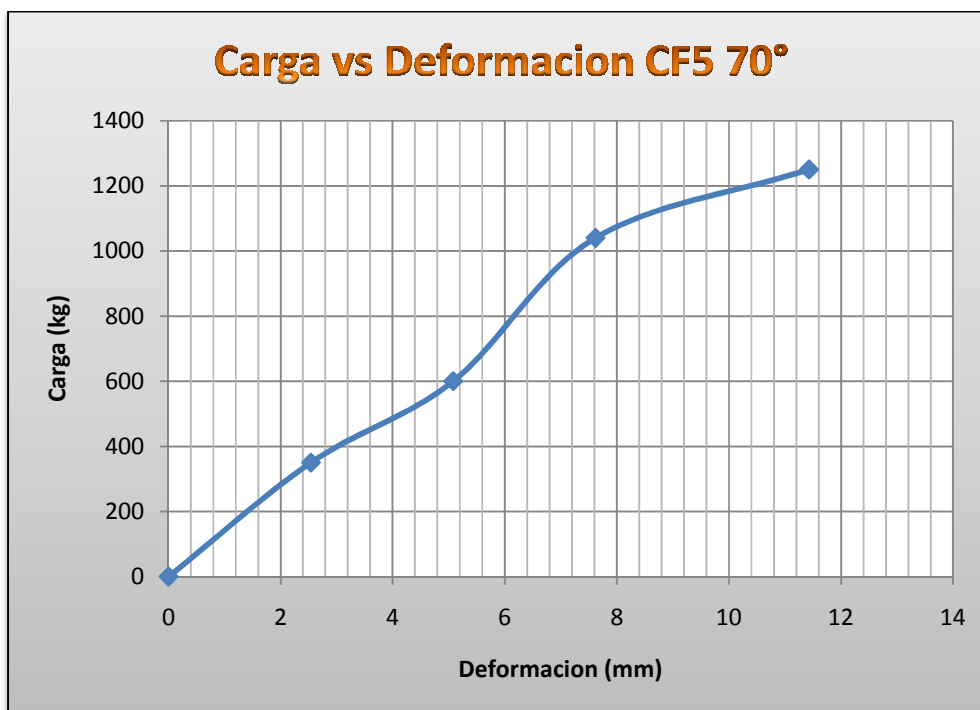


Gráfico 5-56. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 70° de Fernansánchez.



MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 60°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1415
CF2 60°	298.93	61.09	19.59	299.2	61.48	19.73	298.93	58.53	40.04	1315
CF3 60°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1255
CF4 60°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1245
CF5 60°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1365

Tabla 5-144. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 60° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CF1 60°	0	475	1050	1250	1400
CF2 60°	0	450	1000	1200	1300
CF3 60°	0	425	1050	1150	1215
CF4 60°	0	400	1100	1200	1240
CF5 60°	0	450	1150	1250	1350

Tabla 5-145. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 60° de Fernansánchez.

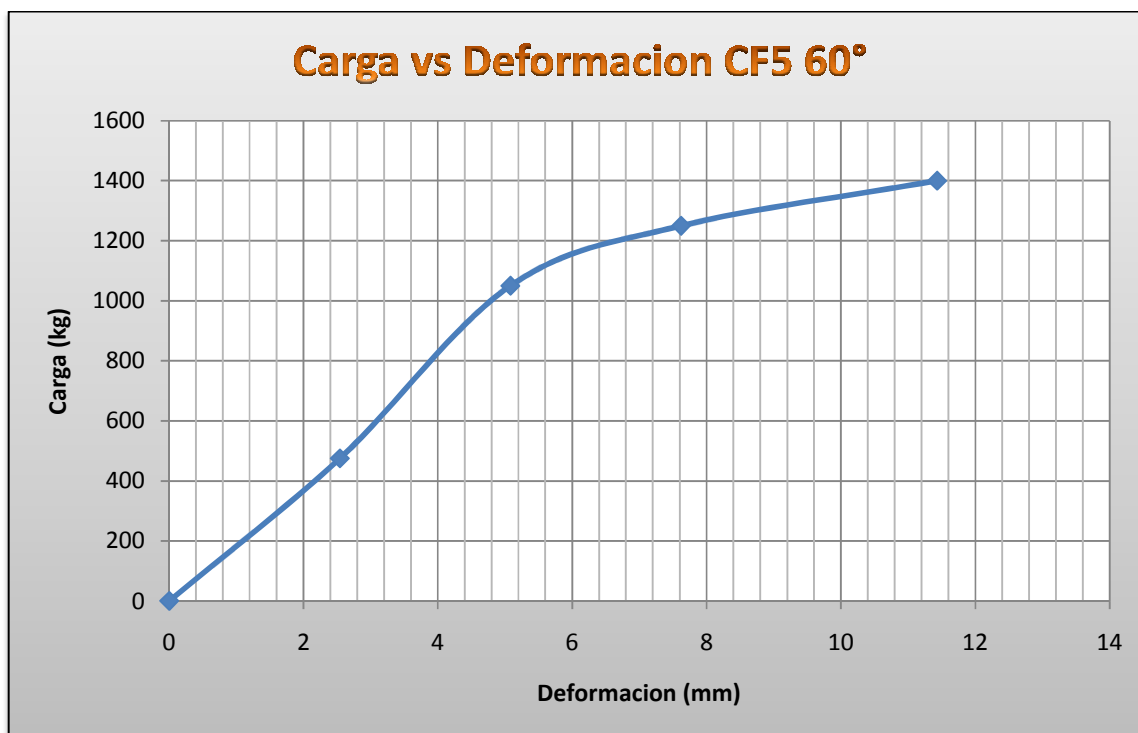


Gráfico 5-57. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 60° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 50°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1265
CF2 50°	298.93	61.09	19.59	299.2	61.48	19.73	298.93	58.53	40.04	1195
CF3 50°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1225
CF4 50°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1300
CF5 50°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1325

Tabla 5-146. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 50° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CF1 50°	0	375	950	1125	
CF2 50°	0	250	550	875	1075
CF3 50°	0	300	650	1000	1150
CF4 50°	0	350	600	950	1200
CF5 50°	0	350	750	1100	1300

Tabla 5-147. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 50° de Fernansánchez.

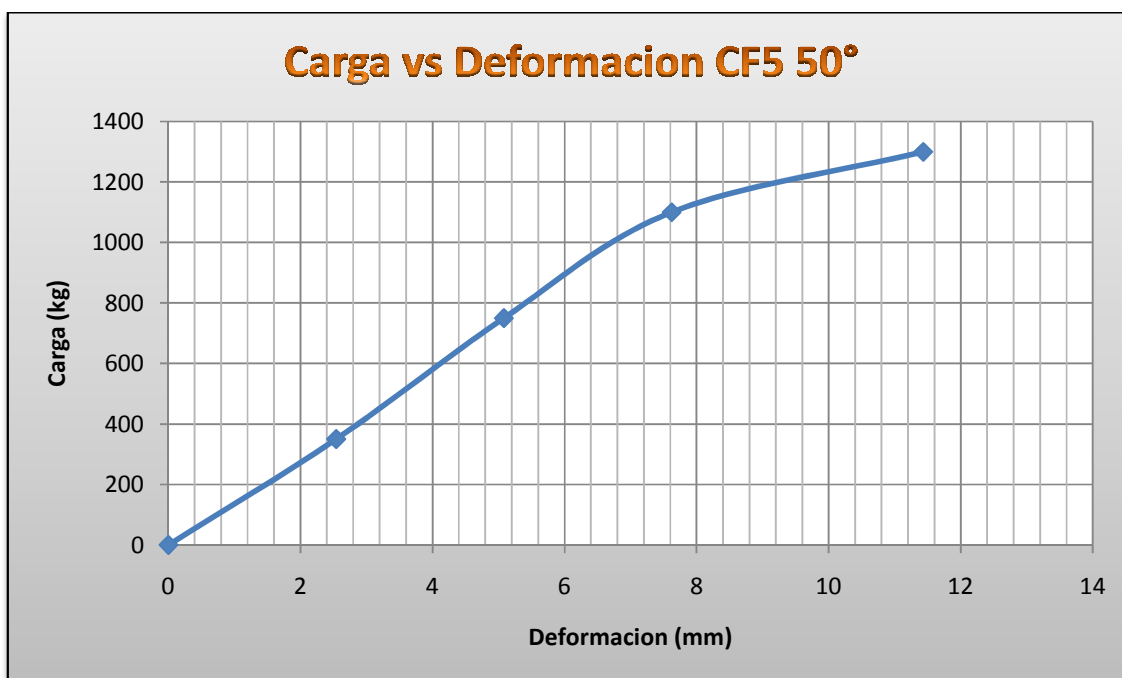


Gráfico 5-58. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 50° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 40°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1465
CF240°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1425
CF3 40°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1535
CF4 40°	299.21	61.55	19.44	298.92	61.38	19.5	299	58.83	40.64	1315
CF5 40°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1345

Tabla 5-148. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 40° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)				
	0	2.54	5.08	7.62	11.43
CF1 40°	0	382.2	631.5	897.4	1196.5
CF2 40°	0	320	550	730	1150
CF3 40°	0	100	450	850	1200
CF4 40°	0	250	560	920	1210
CF5 40°	0	99.7	465.4	698	1097

Tabla 5-149. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 40° de Fernansánchez.

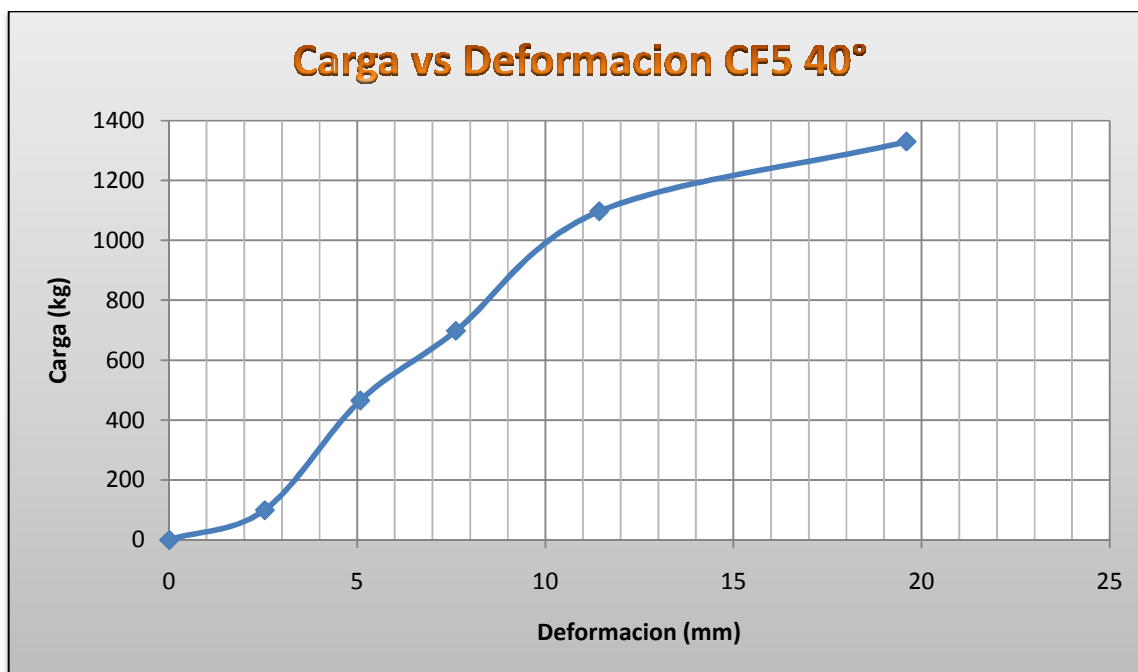


Gráfico 5-59. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 40° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 30°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1350
CF230°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1330
CF3 30°	298.93	61.09	19.59	299.2	61.48	19.73	298.93	58.53	40.04	1230
CF4 30°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1330
CF5 30°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1385

Tabla 5-150. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 30° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CF130°	0	465	1130	1296
CF2 30°	0	530	1060	1286
CF3 30°	0	678	1060	1230
CF4 30°	0	720	960	1180
CF5 30°	0	798	1064	1230

Tabla 5-151. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 30° de Fernansánchez.

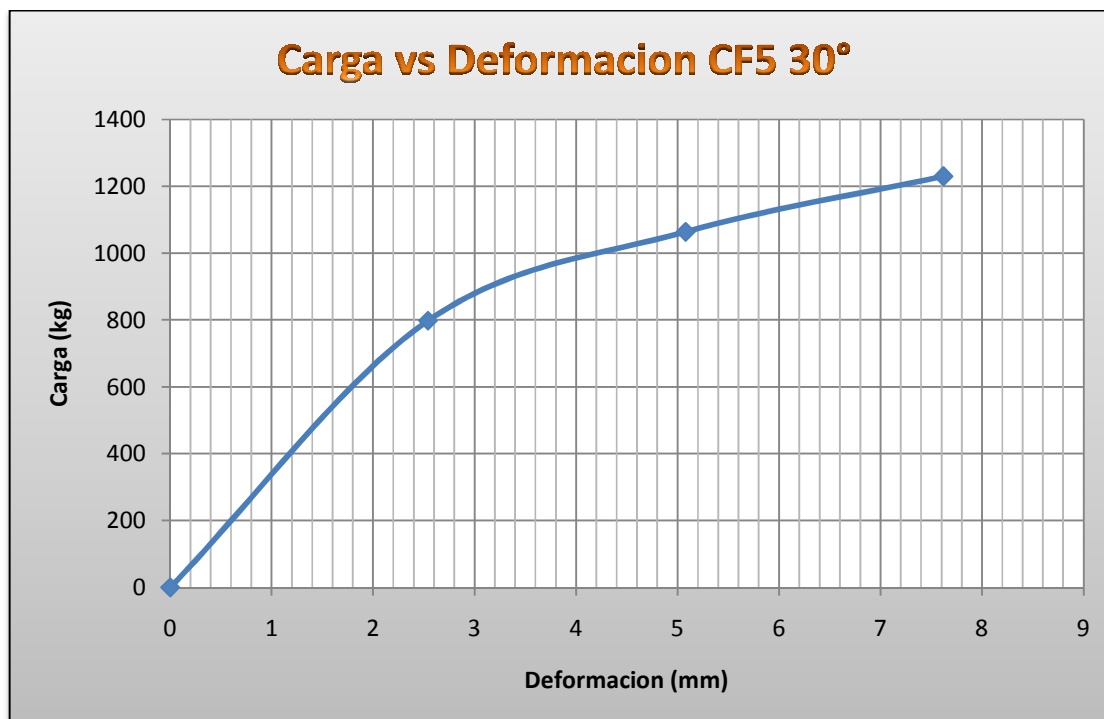


Gráfico 5-60. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 30° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 20°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1380
CF2 20°	298.93	61.09	19.59	299.2	61.48	19.73	298.93	58.53	40.04	1395
CF3 20°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1415
CF4 20°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1200
CF5 20°	299.21	61.55	19.44	298.92	61.38	19.5	299	58.83	40.64	1335

Tabla 5-152. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 20° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CF1 20°	0	670	1090	1300
CF2 20°	0	480	1188	1390
CF3 20°	0	540	1234	1400
CF4 20°	0	460	1066	1180
CF5 20°	0	565	1180	1329

Tabla 5-153. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 20° de Fernansánchez.

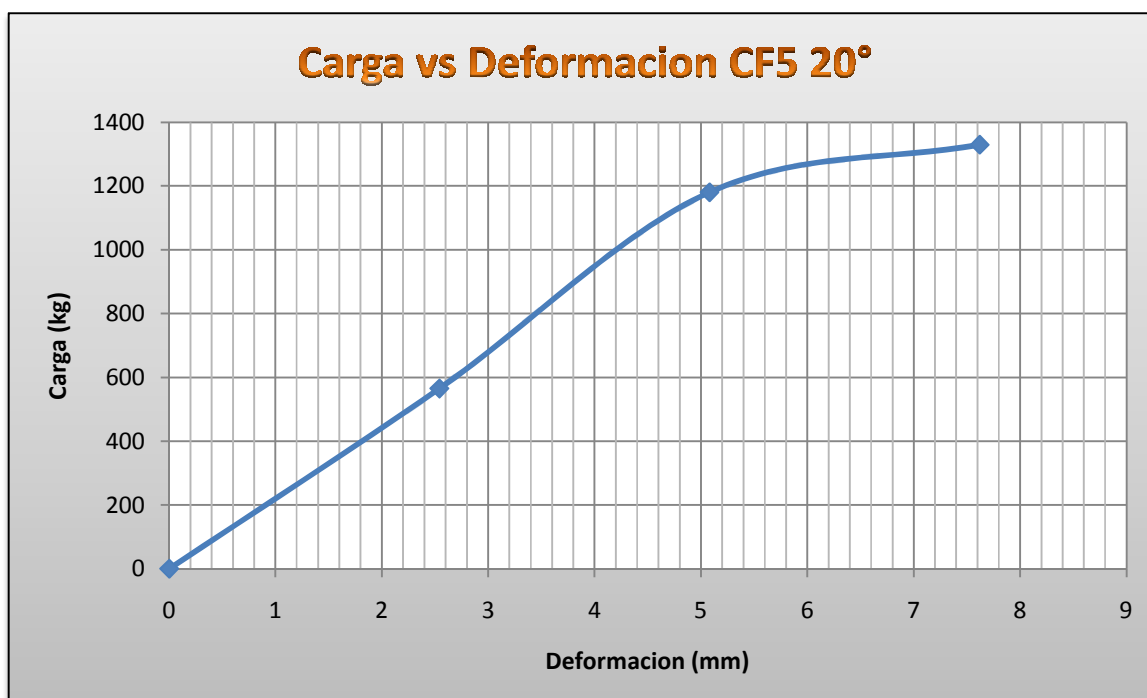


Gráfico 5-61. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 20° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 10°	299.12	61.68	19.52	299.2	61.34	19.88	298.52	58.05	40.31	1315
CF210°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1130
CF3 10°	298.82	61.08	19.71	298.87	61.16	19.65	298.96	59.3	39.86	1170
CF4 10°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1110
CF5 10°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1205

Tabla 5-154. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 10° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CF1 10°	0	631	997	1163
CF2 10°	0	540	890	1040
CF3 10°	0	460	920	1130
CF4 10°	0	470	940	1060
CF5 10°	0	499	997	1196

Tabla 5-155. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 10° de Fernansánchez.

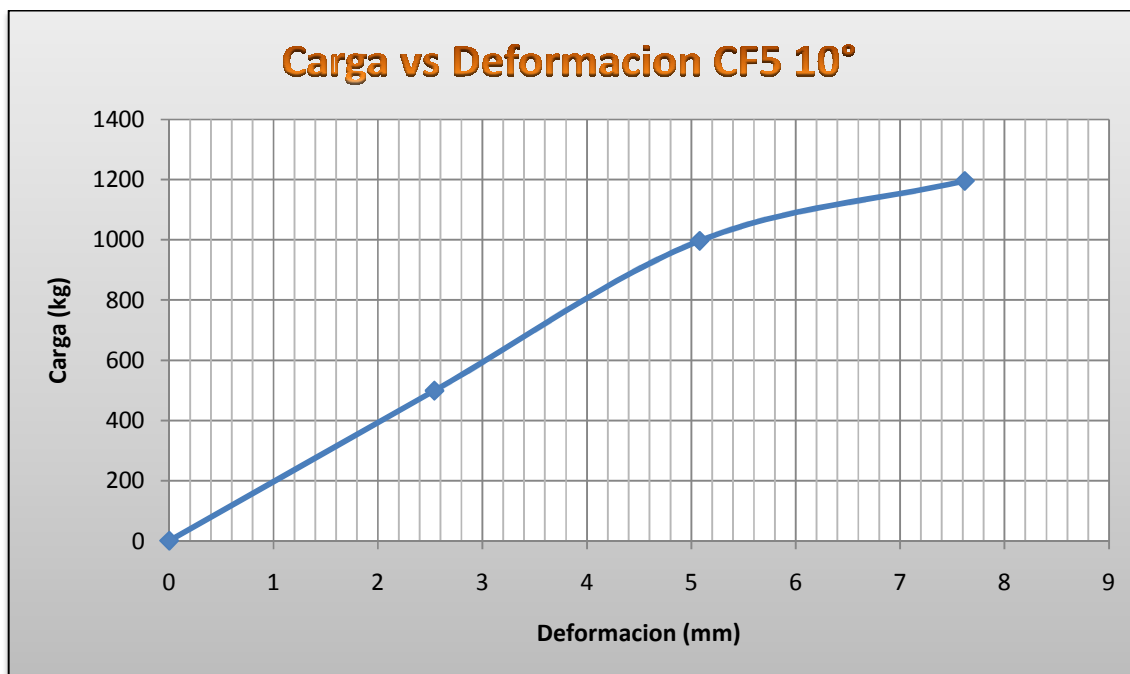


Gráfico 5-62. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 10° de Fernansánchez.

MUESTRA	DIMENSIONES REALES									CARGA MAXIMA
	Pieza delgada 1			Pieza delgada 2			Pieza gruesa			
	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	Largo	Ancho	Profu	
CF1 0°	298.72	61.38	20.46	298.92	61.07	29.31	298.45	59.26	40.21	1480
CF2 0°	298.93	61.09	19.59	299.2	61.48	19.73	298.93	58.53	40.04	1140
CF3 0°	299.44	61.2	19.36	299.18	61.3	19.82	299	58.65	40.79	1215
CF4 0°	299.21	61.55	19.44	298.92	61.38	19.5	299	58.83	40.64	1285
CF5 0°	298.37	61.63	19.76	299.01	61.3	20.21	298.96	58.95	40.72	1350

Tabla 5-156. Carga máxima y dimensiones reales para uniones clavadas a 0° de Fernansánchez.

MUESTRA	DEFORMACION (mm) vs CARGA(kg)			
	0	2.54	5.08	7.62
CF1 0°	0	698	1260	1360
CF2 0°	0	789	1064	1090
CF3 0°	0	687	987	1136
CF4 0°	0	890	1090	1200
CF5 0°	0	897	1163	1296

Tabla 5-157. Cargas vs deformaciones para uniones clavadas a 0° de Fernansánchez.

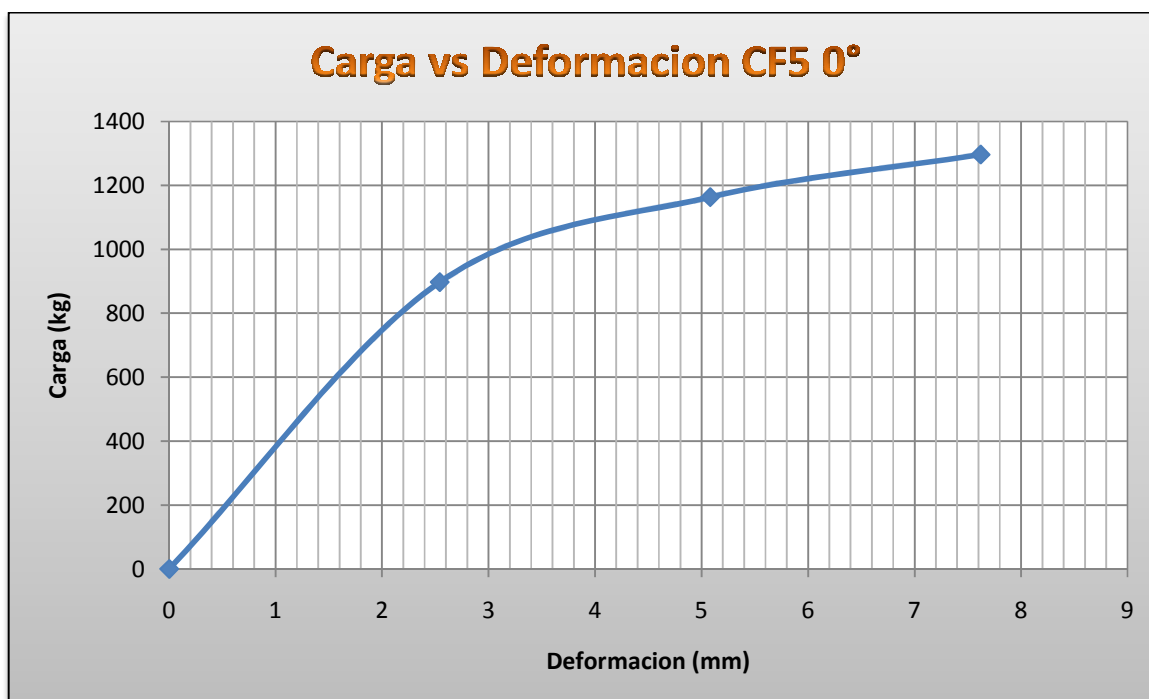


Gráfico 5-63. Curva cargas vs deformación de la muestras 5 de unión clavada a 0° de Fernansánchez.

#### 5.4.3.4. Resumen de resultados

En las tablas 5-162 y 5-163 se presentan el resumen de resultados para cargas últimas a los diversos grados, tanto el promedio de cargas y el valor mínimo.

RESUMEN DE RESULTADOS UNIÓN EMPERNADA										
Madera	Valor promedio									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Guayacán	4464	4412	4125	4065	3019	2633	2561	2410	2255	2094
Eucalipto Globulus	3209	3223	2712	2443	2200	2105	2060	1907	1874	1727
Fernansánchez	2095	2001	1948	1813	1680	1657	1541	1420	1052	1041
Valor mínimo										
Guayacán	4380	4295	4050	3875	2870	2500	2395	2225	2155	1935
Eucalipto Globulus	2990	2980	2530	2305	2055	2015	1945	1885	1725	1605
Fernansánchez	1950	1920	1770	1625	1600	1545	1470	1210	955	925

Tabla 5-158. Resumen de resultados en uniones emperradas con valores de carga última promedio y mínimo a diversos ángulos de inclinación

RESUMEN DE RESULTADOS UNIÓN CON 4 CLAVOS										
Madera	Valor carga última promedio									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Guayacán	2337	2175	2225	1968	2336	2124	2079	2269	2289	2113
Eucalipto Globulus	1616	1582	1749	1426	1775	1665	1609	1581	1693	1647
Fernansánchez	1294	1186	1345	1325	1417	1262	1319	1133	1309	1271
Valor carga última mínimo										
Guayacán	2165	2065	1990	1920	2265	1915	2015	2175	2195	2065
Eucalipto Globulus	1515	1435	1675	1295	1565	1595	1505	1485	1565	1515
Fernansánchez	1140	1110	1200	1230	1315	1195	1255	1305	1275	1130

Tabla 5-159. Resumen de resultados en uniones clavadas con valores de carga última promedio y mínimo a diversos ángulos de inclinación



## 5.5. CONCLUSIONES

- El contenido de humedad de las maderas estudiadas están en promedio para el Guayacán en 16%, Eucalipto Globulus 25% y Fernansánchez 16%, dichos valores se utilizarán para corregir las cargas admisibles a un mismo contenido de humedad (madera verde %H=30).
- Para los ensayos de extracción de clavos, la madera Guayacán es la que mejor se comporta ante dicha solicitud, debido a su densidad. En todos los ensayos el clavo extraído no sufrió ningún daño.
- En el ensayo de resistencia lateral fallo el clavo y la madera permaneció intacta, este ensayo se lo utilizara para determinar la carga admisible ante la solicitud de cizalle simple.
- En uniones empernadas, el elemento central fue el que fallo y los elementos extremos no mostraron falla alguna. En este ensayo fue la madera la que cedió mientras que el perno no sufrió daño alguno. La diferencia de cargas conforme se varia el ángulo es muy marcada entre mas acerca la dirección de la carga a la dirección paralela (0°) la unión tiende a resistir mas.
- Las uniones clavadas se caracterizaron por tener una falla abrupta, en los cuales los elementos extremos salía expulsados. En ningún ensayo la madera sufrió daño alguno, fueron los clavos los que fallaron. La diferencia de carga conforme se varia el ángulo no es muy diferente, esto se debe a que este tipo de unión esta influenciada por la resistencia de los clavos.

## CAPÍTULO 6

### CARGAS ADMISIBLES EN UNIONES

Las cargas últimas presentadas en el capítulo 5 para diseñar uniones no deben ser utilizadas para el diseño de conexiones de madera, debido a varios factores como: la variabilidad de las secciones de los elementos, posible ocurrencia de fenómenos naturales (sismo, vientos, etc.), calidad de mano de obra y materiales, errores humanos y entre otros, por estas razones es necesario reducir las cargas últimas por factores de seguridad previamente establecidos.

En todos los ensayos el esfuerzo último es el punto de partida para determinar los esfuerzos admisibles, este esfuerzo es reducido mediante factores de seguridad o factores de modificación como: factor de seguridad de tamaño, calidad, servicio y seguridad y duración de carga.

Después de reducir las cargas últimos mediante los factores de seguridad, a estas cargas hay que corregirlas mediante el contenido de humedad, dicho en otras palabras los esfuerzos admisibles presentados son para madera verde (%H=30).

De estos ensayos se espera que el esfuerzo resistente en condiciones últimas es aquel que corresponde al límite de exclusión del 5%, en otras palabras se debe esperar que el 5% de la población existente tenga una resistencia menor al mencionado valor.

Los esfuerzos admisibles se obtienen modificando las resistencias últimas mínimas, mediante factores de modificación.

## **6.1. TIPOS DE TENSIONES**

### **6.1.1. Tensiones máximas o de ruptura**

Este tipo de tensiones se determinan a través de probetas libres de defectos. Estos ensayos se realizan en estado verde y seco, cuando se habla de seco se pretende alcanzar un contenido de humedad del 12%.

### **6.1.2 Tensiones básicas**

Las tensiones básicas se determinan mediante la aplicación de la estadística y se la llama tensión mínima probable

Aquí se encuentra términos como nivel de confianza, por ejemplo en los ensayos de flexión, cizalle y compresión paralela, la tensión básica se determinan con un nivel de confianza del 99%, en otras palabras solo se espera que 1 de 100 ensayos alcance una tensión de ruptura menor a la mínima probable. Los ensayos de compresión perpendicular se determinan con un nivel de confianza del 60%. El nivel de confianza depende de la cantidad de ensayos que se realicen para un mismo estado de carga.

### 6.1.3. Tensiones admisibles

Debido a que la madera presenta defectos en forma de grietas, nudos, curvaturas, etc., estas imperfecciones reducen su capacidad resistente y por lo tanto a las tensiones básicas hay que multiplicarlas por un factor de reducción. Dichos coeficientes se los conoce con el nombre de “Factores de modificación de carga o resistencia”.

De acuerdo a las tensiones admisibles a las maderas se las agrupa en diferentes grado, grupos o niveles de resistencia y se determina capacidades admisibles correspondientes a cada Grupo estructural.

Para determinar la carga admisible de uniones se emplea una formula muy simple (ecu. 6-1).

$$Carga\ adm. = \frac{Carga\ de\ rotura}{F.S} \times F.D.C \times F.C.T \times F.P.P \times F.H \quad ecu. 6 - 1$$

**(Fórmula tomada de la Norma Chilena NCh. 1198)**

**Donde:**

F.S = Factor de servicio y seguridad.

F.D.C = Factor de duración de la carga.

F.C.T = Factor por concentración de tensiones.

F.P.P = Factor por peligro de pudrición.

F.H = Factor de corrección por contenido de humedad

Para el cálculo de las cargas admisibles se utilizan los valores de cargas últimas mínimas.

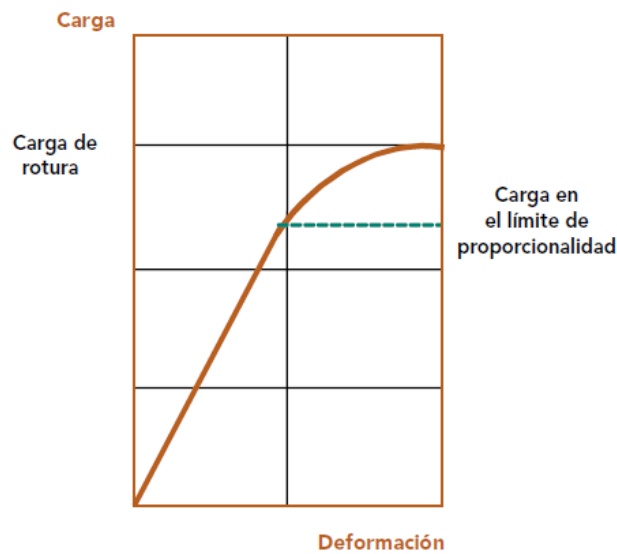
### 6.1.3.1. Factor de servicio y seguridad (F.S)

Las cargas últimas deben ser reducidas para estar debajo del límite de proporcionalidad, ya que bajo ningún concepto se desea hacer trabajar a una unión dentro de la carga de ruptura, generalmente el valor de este factor depende del tipo de sollicitación.

Este factor de seguridad no esta destinado a cubrir errores en las estimaciones de carga, determinación de esfuerzos, el diseño, ni defectos de construcción o el uso de material no clasificado como madera estructural.

Este factor se lo utiliza para cubrir diferentes incertidumbres en:

- Conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de las maderas.
- Confiabilidad de los ensayos obtenidos en laboratorio.
- Presencia de defectos no detectados al momento de la clasificación visual.
- Aplicación de cargas y determinación de esfuerzos internos producidos por estas cargas en los elementos estructurales.
- Dimensiones reales de los elementos con respecto a las probetas utilizadas en laboratorio.
- Calidad de mano de obra para una construcción adecuada.
- Deterioro del material.
- Aumento de cargas por posibles cambios en la estructura original (ampliaciones).



**Fig. 6-1: Interpretación grafica sobre el límite de proporcionalidad**

### 6.1.3.2. Factor de duración de carga (F.D.C)

La resistencia de la madera varía en forma inversamente proporcional a la duración de la carga. Las tensiones admisibles han sido establecidas considerando cargas cuya duración es del orden de 10 a 15 años.

Según el tiempo de duración de la carga se puede aplicar la ecuación 6-2, que es la siguiente:

$$C_D = 1.747 / t^{0.0464} + 0.295 \quad \text{ecu. 6 - 2}$$

**(Fórmula tomada de la Norma Chilena NCh. 1198)**

**Donde:**

t= duración de carga, en segundos

En el caso que se presenten cargas de diferente duración, se utilizara el FM para la carga de menor duración. Este FM no afecta al esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra.

Generalmente las cargas que están presentes en una estructura pueden ser de diferente aplicación y se tiene:

### Cargas de duración normal

Este tipo de cargas son aquellas que están presentes en la estructura durante un toda su vida útil, y cuando es así, los factores de la Tabla 6-1 se tomaran como base para cálculo estructural.

### Otro tipo de cargas

Cuando la estructura debe soportar cargas accidentales, se deben incrementar su capacidad de carga en:

- 60% para viento o sismo
- 100% para impactos

En la Tabla 6-1 se muestra el FM por duración de carga a diferentes periodos de carga.

Tiempo	1seg	1 minuto	1 hora	1 día	1 mes	1 año	10 años	50 años
CD	2.04	1.74	1.49	1.33	1.18	1.08	1	0.95

**Tabla 6-1: FM duración de carga CD de acuerdo al tiempo de aplicación de la carga. (Datos Norma Chilena NCh. 1198)**

De acuerdo al Tabla 6-1 se concluye que la madera tiene la característica de resistir mayor carga si estas son aplicadas durante periodos cortos que para cargas aplicadas a periodos de larga duración.

### 6.1.3.3. Factor por concentración de tensiones (F.C.T)

Este factor considera el efecto de las concentraciones de tensiones en regiones con perforaciones, vaciados, entalladuras, etc., se puede obtener de Tabla 6-2.

TIPO DE DEBILITAMIENTO	F.C.T
Perforaciones pequeñas y uniformes distribuidas (clavos)	0.8
Perforaciones individuales mayores (pernos)	0.7
Conectores de anillo	0.5
Ranuras longitudinales: espesor $\leq$ 5mm	0.8
Ranuras longitudinales: espesor $\leq$ 10mm	0.7

**Tabla 6-2: FM por humedad CD de acuerdo al tiempo de aplicación de la carga.**  
(Datos Norma Chilena NCh. 1198)

#### 6.1.3.4. Factor por peligro de pudrición (F.P.P)

Cuando se usa madera sin impregnar las condiciones son favorables a la putrefacción y el elemento puede perder parte de su resistencia antes que el defecto puede ser detectado. En este caso, conviene reducir las cargas de ruptura con el único fin de proveer a la pieza de una protección temporal hasta que el defecto sea ubicado y proceder a tomar las providencias del caso. Es necesario insistir en que no existe una tensión admisible que de resistencia a una madera podrida.

Se recomiendan los siguientes valores para este factor de modificación:

- Si existe peligro de pudrición moderada, por ejemplo, madera que ocasionalmente se humedece y seca, el Factor de Modificación es 0,85.
- Si el peligro es de una putrefacción severa, como es el caso de madera que permanecerá siempre húmeda, el Factor de Modificación es 0,70.

Para evitar confusiones, en la siguiente tabla se presenta los valores de los factores de modificación, dependiendo del tipo de sollicitación, esta tabla se utilizará para determinar la carga admisible y además se corregirá dicho esfuerzo para un contenido de humedad del 30%.



SOLICITACIÓN	F.S	F.D.C	F.C.T	F.P.P
Extracción de clavos	6	1	0.8	0.70
Cizalle con clavos	1.5	1	0.8	0.70
Cizalle con pernos	1.5	1	0.7	0.70

**Tabla 6-3: Factores de modificación de acuerdo al tipo de solicitud.**

### 6.1.3.5. Factor por corrección de humedad (F.H)

El contenido de humedad tiene una relación directa con la resistencia y rigidez de la madera, por lo que la mayoría de autores escogen el 30% de humedad para la obtención de esfuerzos admisibles y demás propiedades, esto debido a que es el punto de saturación de las fibras, la resistencia de la madera se mantiene constante; mientras que al 12% de contenido de humedad, las propiedades mecánicas son mayores, el cual se obtiene debido al contenido de humedad del ambiente y condiciones de servicio.

En la Tabla 6-4, se presenta la variación de las propiedades resistentes en función de una variación del contenido de humedad igual al 1%.

Propiedad	% Variación
Compresión paralela	4-5
Compresión perpendicular	4
Tracción paralela	3
Tracción perpendicular	3
Corte	3
Flexión	4
Modulo elasticidad	2
Extracción de clavos	3
Cizalle	1.6

**Tabla 6-4: Variación de las propiedades mecánicas para una variación unitaria en el contenido de humedad.**

Para determinar la corrección de humedad se utiliza la Tabla 5-23 del capítulo 5.

## 6.2. CARGAS ADMISIBLES

### 6.2.1. Extracción de clavos



*Foto 6.1 Probeta para ensayo de Extracción de Clavos.*

Los clavos son los elementos más simples utilizados para unir piezas de madera, son de fijación simple y se caracterizan por transmitir los esfuerzos de un elemento a otro.

Los ensayos de extracción realizados fueron perpendicular a la fibra, y paralela a la fibra. Estas resistencias están afectadas por el tipo de madera utilizada, el tipo de clavo, y las condiciones de uso.

La resistencia a la extracción de clavos va a depender directamente de la densidad de la madera, diámetro del clavo, y la profundidad de penetración de este.

<b>Carga admisible para extracción de clavos (kg)</b>	
<b>% Humedad del 12%</b>	
Guayacán	20.00
Eucalipto Globulus	13.00
Fernansánchez	11.00
<b>% Humedad del 30%</b>	
Guayacán	10.00
Eucalipto Globulus	8.00
Fernansánchez	6.00

**Tabla 6-5: Cargas admisibles para extracción de clavos para cada tipo de madera y diferente condición de humedad**

### 6.2.2. Resistencia lateral en clavos

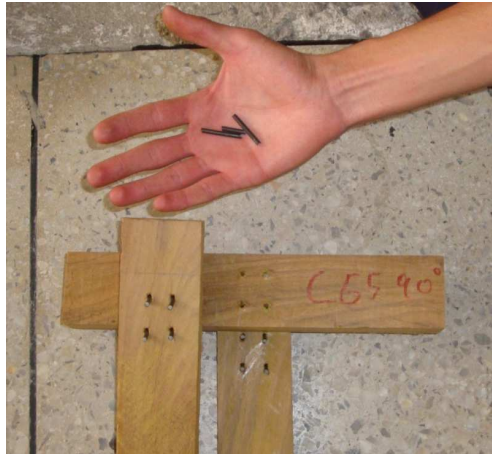
A este ensayo se le considera como cizalle simple y las cargas admisibles se muestran a continuación:

La Tabla 6-6, se puede utilizar para cualquier ángulo de inclinación, esto se explicara mas adelante en uniones con clavos.

<b>CLAVO (mm)</b>		<b>CARGA ADMISIBLE PARA CIZALLE SIMPLE (kg)</b>	
<b>Díam</b>	<b>Long.</b>	<b>% Humedad del 12%</b>	
2.96	63	Guayacán	110
		Eucalipto Globulus	110
		Fernansánchez	95
		<b>% Humedad del 30%</b>	
		Guayacán	80
		Eucalipto Globulus	80
		Fernansánchez	70

**Tabla 6-6: Cargas admisibles para cizalle simple con clavo de 2.96mm de diámetro y 63mm de longitud, para un contenido de humedad de la madera del 12% y 30%**

### 6.2.3. Uniones clavadas



*Foto 6.2 Probeta para ensayo de Conexión Clavada.*

Luego de realizar los ensayos de laboratorio en las conexiones clavadas para las distintas variaciones de ángulos se observa que los valores son similares para cada tipo de madera.

Los que indica que los ensayos de cizallamiento para muestras clavadas lo que absorbe los esfuerzos son los clavos. Esto quedo comprobado durante los ensayos ya que la madera no sufrió ningún daño, mientras que los clavos absorbieron toda la fuerza para luego colapsar, como se puede ver en la foto 6.2.

Por este motivo se escogerá un valor promedio de las resistencias mínimas de cada tipo de madera.

ANGULO	TIPO DE MADERA / CARGA MÍNIMA (Kg)		
	Guayacán	Eucalipto Globulus	Fernansánchez
90	2065	1515	1130
80	2195	1565	1305
70	2175	1485	1235
60	2015	1505	1245
50	1915	1595	1195
40	2265	1565	1315
30	1780	1295	1230
20	1990	1675	1200
10	2065	1435	1110
0	2165	1515	1140

**Tabla 6-7: Cargas mínimas para cada tipo de madera a diferentes ángulos de ensayo.**

TIPO DE MADERA	CARGA MÍNIMA PROMEDIO (Kg)
<i>Guayacán</i>	2063
<i>Eucalipto Globulus</i>	1515
<i>Fernansánchez</i>	1210

**Tabla 6-8: Cargas mínimas promedios para cada tipo de madera.**

A continuación se muestra los esfuerzos admisibles para las uniones para cada tipo de madera.

CARGA ADMISIBLE PARA UNIONES CLAVADAS (kg)	
% Humedad del 12%	
Guayacán	810
Eucalipto Globulus	670
Fernansánchez	485
% Humedad del 30%	
Guayacán	585
Eucalipto Globulus	510
Fernansánchez	350

**Tabla 6.9: Cargas admisibles para uniones clavadas con cuatro clavos.**

Como ya se menciona anteriormente en las uniones clavadas, el elemento que absorbe los esfuerzos son propiamente los clavos entonces dicho esfuerzo se dividirá para la cantidad de clavos que existan en la unión. En nuestro caso se dividirá para cuatro.



Foto 6.3 Unión clavada con cuatro clavos.

CLAVO (mm)		CARGA ADMISIBLE PARA UNIONES CLAVADAS (kg)	
Díam.	Long.	% Humedad del 12%	
2.96	63	Guayacán	200
		Eucalipto Globulus	170
		Fernansánchez	120
		% Humedad del 30%	
		Guayacán	145
		Eucalipto Globulus	125
		Fernansánchez	90

Tabla 6-10: Carga admisible para un clavo.

Con los valores de la Tabla 6-9, se comparará los resultados de acuerdo a lo que fueron diseñadas las uniones que se indica en el Capítulo 5 en la Tabla 5-38. En esta comparación se indican valores de cargas admisibles de acuerdo al PADT REFORT, Norma Chilena NCh. 1198 y los resultados de la presente investigación.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS			
Angulo	Carga admisible (kg)		
	Norma NCh.1198	PADT REFORT	TESIS
0°	4600	414	810
10°	4600	414	810
20°	4600	414	810
30°	4600	414	810
40°	4600	414	810
50°	4600	414	810
60°	4600	414	810
70°	4600	414	810
80°	4600	414	810
90°	4600	414	810

**Tabla 6-11: Comparación de resultados de cargas admisibles para uniones clavadas con 4 clavos en Guayacán, para un contenido de humedad del 30%**

Como se aprecia en la Tabla 6-11, la norma Chilena es no es conservadora, mientras que el texto del PADT REFORT presenta resultados un poco mas acordes con la realidad de esta investigación.

#### 6.2.4. Uniones empernadas

PERNO (mm)		CARGA ADMISIBLE UNIÓN CON UN PERNO (kg)										
Díam.	Long.	Angulo	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
13	114	Humedad del 12%										
		<b>Guayacán</b>	1725	1690	1595	1525	1130	985	945	875	850	760
		<b>Eucalipto Globulus</b>	1340	1335	1135	1035	920	905	870	845	770	720
		<b>Fernansánchez</b>	775	765	705	645	635	615	585	480	380	370
		Humedad del 30%										
		<b>Guayacán</b>	1255	1230	1160	1110	820	715	685	640	620	555
		<b>Eucalipto Globulus</b>	1020	1015	860	785	700	685	660	640	590	545
		<b>Fernansánchez</b>	565	555	515	470	464	450	430	350	280	270

**Tabla 6-12: Cargas admisibles para unión con un perno de diámetro 13mm y longitud de 114mm a diferentes ángulos de aplicación de carga con humedades en la madera del 12% y 30%**

La Tabla 6.12, se comparará con la ecuación de Hankinson, cuya expresión se presenta a continuación:

$$C_{\theta} = \frac{PQ}{P \sin^2 \theta + Q \cos^2 \theta} \quad \text{ecu. 6 - 3}$$

**Donde:**

$\Theta$ =ángulo de inclinación en respecto a la fibra

P = carga o esfuerzo paralelo a la fibra

Q=a la carga o esfuerzo perpendicular a la fibra, y

$C_{\theta}$  = Carga o esfuerzo al ángulo de inclinación  $\Theta$

Para determinar la carga admisible según esta fórmula, solo se empleara los resultados de 0°(paralela a la fibra) y 90°(perpendicular a la fibra).

MADERA	COMPARACIÓN	CARGA ADMISIBLES (kg)									
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
		<b>Humedad del 12%</b>									
<b>Guayacán</b>	<i>Tesis</i>	1725	1690	1595	1525	1130	985	945	875	850	760
	<i>Hankinson</i>	1725	1661	1502	1309	1131	988	884	813	773	760
<b>Eucalipto Globulus</b>	<i>Tesis</i>	1340	1335	1135	1035	920	905	870	845	770	720
	<i>Hankinson</i>	1340	1306	1217	1103	988	890	814	761	730	720
<b>Fernansánchez</b>	<i>Tesis</i>	1255	1230	1160	1110	820	715	685	640	620	555
	<i>Hankinson</i>	1255	1209	1094	954	825	721	645	594	564	555
		<b>Humedad del 30%</b>									
<b>Guayacán</b>	<i>Tesis</i>	1255	1230	1160	1110	820	715	685	640	620	555
	<i>Hankinson</i>	1255	1209	1094	954	825	721	645	594	564	555
<b>Eucalipto Globulus</b>	<i>Tesis</i>	1020	1015	860	785	700	685	660	640	590	545
	<i>Hankinson</i>	1020	994	926	838	750	675	617	576	553	545
<b>Fernansánchez</b>	<i>Tesis</i>	565	555	515	470	464	450	430	350	280	270
	<i>Hankinson</i>	565	547	501	444	389	344	311	288	274	270



**Tabla 6-13: Tabla comparativa de los resultados de laboratorio en una unión con perno versus la fórmula de Hankinson**

Como se observar en la Tabla 6-14 los resultados de los ensayo se ajustan a la fórmula de Hankinson, existe una pequeña variación pero no es muy significativa y para fines de cálculo no se sobredimensionara ni subdimensionara alguna pieza estructural; se concluye que dicha fórmula es aplicable, siempre y cuando se tenga los resultados de carga paralela y perpendicular a la fibra.







Adicionalmente los resultados de la Tabla 6-12 se tienen que comparar con los resultados de diseño que se presenta en el Capítulo 5 cuyo resumen de resultados se indica en la Tabla 5-39. El método de diseño que se empleo corresponde al texto del PADT REFORT.







<b>RESUMEN UNIÓN EMPERNADA</b>		
<b>Angulo</b>	<b>Carga admisible (kg)</b>	
	<b>PADT REFORT</b>	<b>TESIS</b>
0°	1118	1255.00
10°	1067.1	1230.00
20°	943.41	1160.00
30°	801.15	1110.00
40°	676.08	820.00
50°	579.77	715.00
60°	511.32	685.00
70°	466.43	640.00
80°	441.15	620.00
90°	433	555.00


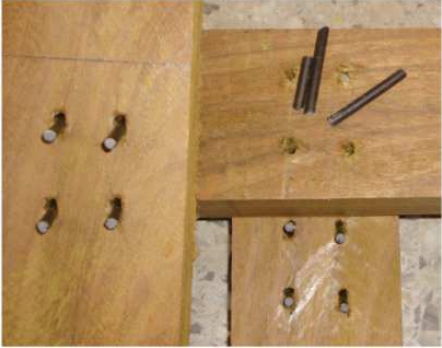




**Tabla 6-14: Tabla comparativa de los resultados de laboratorio versus la fórmula de Hankinson**




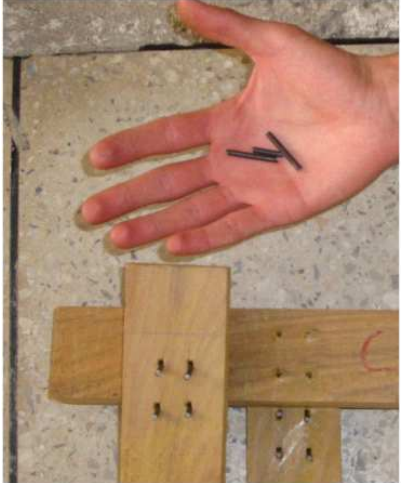
De los resultados de la Tabla 6-14 se puede concluir, que las cargas admisibles presentadas en el PADT REFORT son afines a la realidad.

### 6.3. ARCHIVO FOTOGRÁFICO

UNIONES		
Angulo	Antes del ensayo	Despues del ensayo
90° Empernada		
90° Clavada		
80° Empernada		

Angulo	Antes del ensayo	Despues del ensayo
70° Empernada	 <p>EF 1 70°</p>	 <p>EF 1 70°</p>
60° Empernada	 <p>EF 1 60°</p>	 <p>EF 1 60°</p>
40° Clavada	 <p>CF 2 40°</p>	

Angulo	Antes del ensayo	Despues del ensayo
30° Clavada	 <p>Photograph of a 30-degree nailed wood joint before testing. A wooden beam is attached to a vertical post with a metal plate. The angle is marked with a red '30°' and a handwritten '2.30°'. The wood is labeled 'CERD ANGE'.</p>	 <p>Photograph of the 30-degree nailed wood joint after testing. The joint is shown in a disassembled state, with the metal plate and nails separated from the wood.</p>
20° Empernada	 <p>Photograph of a 20-degree bolted wood joint before testing. A wooden beam is attached to a vertical post with a metal plate and a bolt. The wood is labeled 'EG 2 20°'.</p>	 <p>Photograph of the 20-degree bolted wood joint after testing. The joint is shown in a disassembled state, with the metal plate and bolt separated from the wood.</p>
10° Clavada	 <p>Photograph of a 10-degree nailed wood joint before testing. A wooden beam is attached to a vertical post with a metal plate and nails. The wood is labeled 'CE 10°'.</p>	 <p>Photograph of the 10-degree nailed wood joint after testing. The joint is shown in a disassembled state, with the metal plate and nails separated from the wood.</p>

Angulo	Antes del ensayo	Despues del ensayo
0° Empernada	 <p>A vertical wooden specimen with a metal plate and bolt at the bottom. The specimen is marked with '63 0' in blue ink.</p>	 <p>Two images showing the specimen after the test. The left image shows the specimen split into two pieces, with the bolt and plate still attached to one part. The right image shows the specimen with a circular hole where the bolt was, and the text '63 0' is visible on the wood.</p>
0° Clavada	 <p>A vertical wooden specimen with a metal plate and bolt at the bottom. The specimen is marked with '63 0' in blue ink.</p>	 <p>A hand holding a small metal bolt and nut. Below the hand, a wooden specimen is shown with several holes, indicating the location of the bolt and nut.</p>

# CAPÍTULO 7

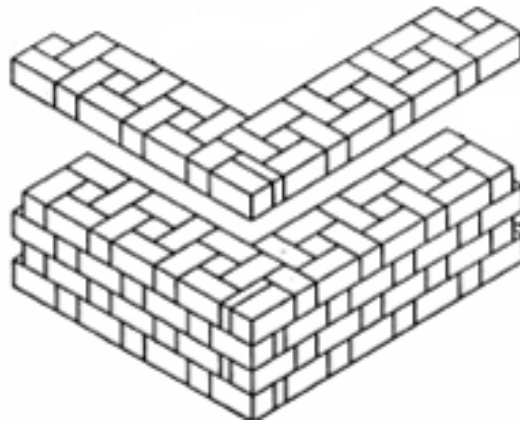
## DISEÑO ESTRUCTURAL

### 7.1. INTRODUCCIÓN

Con los datos obtenidos en laboratorio de varias investigaciones anteriores y la presentada, se cuenta con suficientes datos para realizar una aplicación práctica en el diseño estructural de la cubierta de la CASA MONTUFAR N°623.

Esta estructura cuenta con paredes portantes de mampostería de ladrillo cruzado, y una cubierta de madera. Para el análisis estructural se empleo el programa ETABS versión 9, en el cual las paredes fueron modeladas con elementos finitos, a dicha estructura se le sometió a los estándares de la actualidad, es decir a sismo y viento.





*Fig. 7-1: Configuración de una pared de mampostería de ladrillo cruzado*

Con el programa ETABS se determina las solicitaciones que actúa en cada elemento de la cubierta así como también en los elementos finitos de la pared, determinadas dichas solicitaciones se procedió a calcular las secciones reales de los elementos de madera y elementos de sujeción, para lo cual se empleo el programa Microsoft Office, Excel 2007.

Utilizando estas dos poderosas herramientas se reduce el error humano y se lograr ahorrar tiempo, logrando de este modo interpretar y tomar decisiones mas rápidamente.

## **7.2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

### **7.2.1. Códigos de diseño**

Para cualquier diseño estructural se debe emplear una Norma o Código de diseño, esto permite emplear combinaciones de carga, coeficientes de reducción de capacidad, factores de mayoración, entre otros; que están establecidos para un diseño estructural en particular, evitando así la incertidumbre.

### 7.2.1.1. ACI 318-99 (Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural)

Aunque el ACI no se creó para el diseño en madera, solo se lo emplea para utilizar las combinaciones de cargas. Las combinaciones se muestran a continuación:

$U = 1.4D + 1.7L$	<i>ecu.7 – 1</i>
$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.87E)$	<i>ecu.7 – 2</i>
$U = 0.75(1.4D + 1.7L - 1.87E)$	<i>ecu.7 – 3</i>
$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.43E)$	<i>ecu.7 – 4</i>
$U = 0.75(1.4D + 1.7L - 1.43E)$	<i>ecu.7 – 5</i>
$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.43W)$	<i>ecu.7 – 6</i>
$U = 0.75(1.4D + 1.7L - 1.43W)$	<i>ecu.7 – 7</i>
$U = 0.9D + 1.43E$	<i>ecu.7 – 8</i>
$U = 0.9D - 1.43E$	<i>ecu.7 – 9</i>
$U = 0.9D + 1.43W$	<i>ecu.7 – 10</i>
$U = 0.9D - 1.43W$	<i>ecu.7 – 11</i>

#### Donde:

D = cargas permanentes o muerta.

E = efectos de carga de las fuerzas sísmicas.

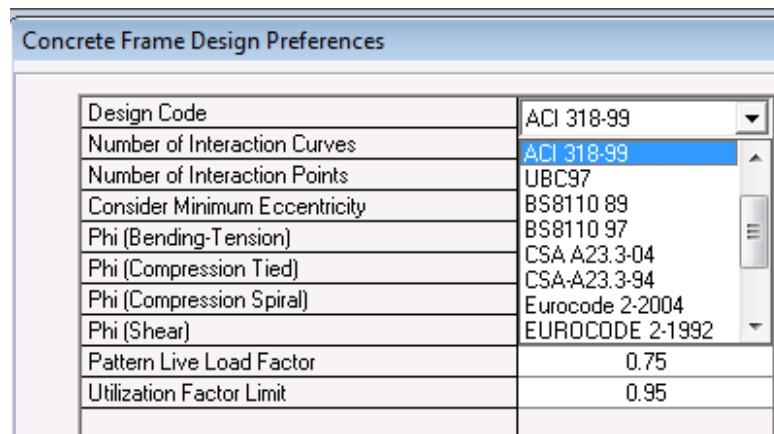
L = sobrecargas o carga viva.

U = resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas o las solicitaciones correspondientes.

W = carga de viento.

Todas estas combinaciones vienen predefinidas en el programa ETABS, con tal solo escoger con que código de diseño se requiere trabajar.





**Fig. 7-2: Código de diseño para las combinaciones de carga en el programa ETABS.**

Los factores de carga se requieren para considerar los posibles excesos de carga ya que:

- Las magnitudes de las cargas pueden diferir de las supuestas. La carga muerta pueden variar por:
  - Las variaciones del tamaño de los elementos.
  - Las variaciones de la densidad de los materiales.
  - Las modificaciones estructurales y no estructurales.
- La carga viva varían considerablemente en función del tiempo y del edificio del cual se trate.
- Existen incertidumbres en el cálculo de las solicitaciones – Las suposiciones de las rigideces, longitudes de tramo, etc., y las incertidumbres involucradas en el modelado de las estructuras tridimensionales hacen que haya diferencias entre las tensiones que realmente ocurren en una construcción y aquellas estimadas en el análisis del diseñador.

### 7.2.1.2. Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2001)

Este código se lo empleará para la determinación del sismo estático y dinámico de la estructura presentado en el capítulo 12 del presente CEC.

### 7.2.1.3. Manual de diseño para maderas del grupo andino

Se empleará este manual para diseñar los diferentes elementos de la cubierta como son las cuerdas, pares, vigas cumbreras, listones, etc., empleando las consideraciones de diseño de este texto.

Este manual emplea la teoría de **esfuerzos admisibles**, para el diseño de elementos estructurales de madera.

## 7.3. REQUISITOS DE RESISTENCIA Y FUNCIONAMIENTO

### 7.3.1. Generalidades

Los elementos estructurales deben ser diseñados para que tengan en cualquier sección una resistencia de diseño al menos igual a la resistencia requerida, calculada esta última para las cargas y fuerzas mayoradas en las condiciones establecidas en este reglamento.

$$\text{Resistencia de diseño} \geq \text{Resistencia requerida}$$

### 7.3.2. Resistencia requerida

La resistencia requerida  $U$  debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas en las Ecuaciones (7-1) a (7-9). Debe investigarse el efecto de una o más cargas que no actúan simultáneamente.

El factor asignado a cada carga está influenciado por el grado de precisión con el cual normalmente se puede calcular la carga y por las variaciones esperadas para dicha carga durante la vida de la estructura. Por esta razón, a las cargas muertas que se determinan con mayor precisión y son menos variables se les asigna un factor de carga más bajo que a las cargas vivas.

Debe darse la debida consideración al signo en la determinación de  $U$  para las combinaciones de carga, dado que un tipo de carga puede producir efectos en sentido opuesto al de los producidos por otro tipo. Las combinaciones de carga con  $0.9D$  están específicamente incluidas para el caso en el cual una carga muerta reduce los efectos de las otras.

### 7.3.3. Deformaciones admisibles

Los elementos de estructurales de madera deben diseñarse para que tengan una rigidez adecuada con el fin de limitar cualquier deflexión que pudiese afectar adversamente la resistencia o el funcionamiento de la estructura.

$$\textit{Deformaciones de diseño} < \textit{Deformaciones requeridas}$$

## 7.4. CARGAS APLICADAS

Las cargas que afectan a una estructura son carga muerta (D), carga viva (L), carga de viento (W) y carga sísmica (E).

### 7.4.1. Carga muerta (D)

#### 7.4.1.1. Peso propio

Esta carga se refiere a la carga por peso propio de todos los elementos que conforman una estructura, esta carga es determinada automáticamente por el

programa ETABS mediante la densidad de los elementos. Las densidades de los materiales empleados en esta tesis son:

- Densidad del Eucalipto Globulus 0.81 T/m<sup>3</sup> (Tabla 3-11)
- Densidad del hormigón 2.40 T/m<sup>3</sup>
- Densidad de las paredes de mampostería de ladrillo cruzado 1.60 T/m<sup>2</sup>.

#### 7.4.1.2. Carga permanentes

Esta carga se refiere a los pesos propios de los materiales como son el tumbado, que en este caso es de teja y las tiras de madera.

Carga total = 0.070 T/m<sup>2</sup>

#### 7.4.2. Carga viva (L)

##### 7.4.2.1. Carga de servicio

Según el tipo de servicio de una estructura tiene una determinada carga viva, en este caso se la asumirá:

Carga viva = **0.20T/m<sup>2</sup>**

Esta carga afecta a entablado del 1re y 2do piso.

##### 7.4.2.2. Carga de mantenimiento

Debido a que la cubierta en algún instante se la someterá a mantenimiento de limpieza o arreglo, se determina una carga de **0.060T/m<sup>2</sup>**

### 7.4.2.3. Carga de ceniza o granizo

Es poco probable que la carga de ceniza y granizo se produzcan en un mismo instante de tiempo; debido a este hecho solo se considera la mas crítica, la carga de granizo fluctúa entre 0.10 a 0.12 T/m<sup>2</sup>, la de ceniza entre 0.10 a 0.13 T/m<sup>2</sup> y nunca estas cargas deben ser menores a 0.060T/m<sup>2</sup>.

Debido a que la estructura original fue construida a principios del siglo XIX, no se consideraba ninguno de estos factores, por este motivo solo se supondrá una carga de **0.060 T/m<sup>2</sup>**

### 7.4.3. Carga de viento (W)

La carga del viento esta en función de la velocidad de este, para este caso se asume una velocidad igual a 120km/h=33.33m/s; también hay que considerar que el viento ataca a la estructura en sus dos direcciones x e y. El viento que ataca sobre un lado de la estructura produce compresión y al lado contrario succión.

Existe una fórmula muy simple para calcular la carga del viento que es:

$$W = \frac{[V(m/s)]^2}{16} \left( kg/m^2 \right) \quad \text{ecu.7 - 12}$$

Reemplazando los valores se tiene  $W_x=W_y \approx 0.07 T/m^2$

### 7.4.4. Carga sísmica (E)

Dentro de las fuerzas sísmicas existen dos tipos de sismos el sismo estático y el sismo dinámico.

#### 7.4.4.1. Sismo estático

Este sismo esta en función de las características de la estructura y para su cálculo se emplea las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{ZIC}{R\Phi_p\Phi_e}W \quad \text{ecu. 7 - 13}$$

$$C = \frac{1.25 S^S}{T} \quad \text{ecu. 7 - 14}$$

$$T = C_t Hn^{3/4} \quad \text{ecu. 7 - 15}$$

$V$  = Cortante Basal de diseño

$Z$  = Factor de peligrosidad sísmica de la zona

$I$  = Factor de importancia de la estructura

$R$  = Factor de reducción de respuesta estructural

$\Phi_p, \Phi_e$  = Coeficientes de configuración estructural en planta y en elevación, respectivamente.

$S$  = Coeficiente del tipo de suelo

$C_m$  = Coeficiente en función del tipo de suelo

$W$  = Peso de la estructura

$C$  = Coeficiente que debe cumplir  $0.5 \leq C \leq C_m$

$S$  = Coeficiente relacionado al tipo de suelo dado por el CEC

$T$  = Periodo de vibración de la estructura

$Hn$  = Altura máxima de la edificación

$C_t$  = Coeficiente en función del tipo de estructura

Todos estos se encuentran en el capítulo 12 de CEC, se presenta una copia de este capítulo en los anexos de esta tesis.

Un resumen de los valores se presenta a continuación:

DATOS	
Hn	9.45
S	1.2
Z	0.4
Cm	3
Ct	0.06
I	1
R	3
Øp	0.9
Øe	0.9

Tabla 7-1: Datos para el cálculo de los coeficientes V, C y T.

RESULTADOS	
T=	0.32
C=	4.81
V=	<b>0.79W</b>

Tabla 7-2: Resultados de los parámetros

Como se observa en la Tabla 7-2 el cortante basal esta en función del peso total de la estructura (D + 0.25L) y esta carga es calculada automáticamente por el programa ETABS y aplicada en el centro de gravedad de la estructura.

Se determina que la carga que afecta al sismo estático es el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva.

#### 7.4.4.2. Sismo dinámico

Se conoce a este sismo como espectro de respuesta de la estructura y esta en función de los parámetros calculados anteriormente en el ítem 7.4.4.1. Para el espectro de respuesta se emplea el espectro inelástico.

$$\text{Espectro inelastico} = \frac{\text{Espectro elástico}}{R\phi^e\phi^p} \quad \text{ecu.7 - 16}$$

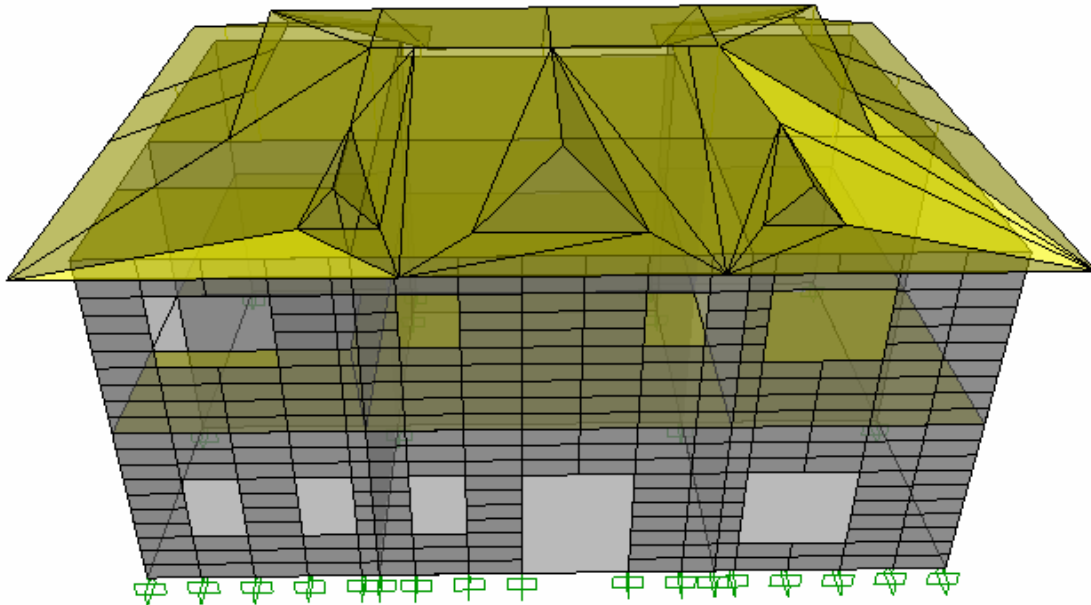
T (seg)	C	Elástico	Inelástico	T (seg)	C	Elástico	Inelástico	T (seg)	C	Elástico	Inelástico
0	3.00	1.20	0.49	3.4	0.50	0.20	0.08	6.8	0.50	0.20	0.08
0.1	3.00	1.20	0.49	3.5	0.50	0.20	0.08	6.9	0.50	0.20	0.08
0.2	3.00	1.20	0.49	3.6	0.50	0.20	0.08	7	0.50	0.20	0.08
0.3	3.00	1.20	0.49	3.7	0.50	0.20	0.08	7.1	0.50	0.20	0.08
0.4	3.00	1.20	0.49	3.8	0.50	0.20	0.08	7.2	0.50	0.20	0.08
0.5	3.00	1.20	0.49	3.9	0.50	0.20	0.08	7.3	0.50	0.20	0.08
0.6	2.59	1.04	0.43	4	0.50	0.20	0.08	7.4	0.50	0.20	0.08
0.7	2.22	0.89	0.37	4.1	0.50	0.20	0.08	7.5	0.50	0.20	0.08
0.8	1.94	0.78	0.32	4.2	0.50	0.20	0.08	7.6	0.50	0.20	0.08
0.9	1.73	0.69	0.28	4.3	0.50	0.20	0.08	7.7	0.50	0.20	0.08
1	1.56	0.62	0.26	4.4	0.50	0.20	0.08	7.8	0.50	0.20	0.08
1.1	1.41	0.57	0.23	4.5	0.50	0.20	0.08	7.9	0.50	0.20	0.08
1.2	1.30	0.52	0.21	4.6	0.50	0.20	0.08	8	0.50	0.20	0.08
1.3	1.20	0.48	0.20	4.7	0.50	0.20	0.08	8.1	0.50	0.20	0.08
1.4	1.11	0.44	0.18	4.8	0.50	0.20	0.08	8.2	0.50	0.20	0.08
1.5	1.04	0.41	0.17	4.9	0.50	0.20	0.08	8.3	0.50	0.20	0.08
1.6	0.97	0.39	0.16	5	0.50	0.20	0.08	8.4	0.50	0.20	0.08
1.7	0.92	0.37	0.15	5.1	0.50	0.20	0.08	8.5	0.50	0.20	0.08
1.8	0.86	0.35	0.14	5.2	0.50	0.20	0.08	8.6	0.50	0.20	0.08
1.9	0.82	0.33	0.13	5.3	0.50	0.20	0.08	8.7	0.50	0.20	0.08
2	0.78	0.31	0.13	5.4	0.50	0.20	0.08	8.8	0.50	0.20	0.08
2.1	0.74	0.30	0.12	5.5	0.50	0.20	0.08	8.9	0.50	0.20	0.08
2.2	0.71	0.28	0.12	5.6	0.50	0.20	0.08	9	0.50	0.20	0.08
2.3	0.68	0.27	0.11	5.7	0.50	0.20	0.08	9.1	0.50	0.20	0.08
2.4	0.65	0.26	0.11	5.8	0.50	0.20	0.08	9.2	0.50	0.20	0.08
2.5	0.62	0.25	0.10	5.9	0.50	0.20	0.08	9.3	0.50	0.20	0.08
2.6	0.60	0.24	0.10	6	0.50	0.20	0.08	9.4	0.50	0.20	0.08
2.7	0.58	0.23	0.09	6.1	0.50	0.20	0.08	9.5	0.50	0.20	0.08
2.8	0.56	0.22	0.09	6.2	0.50	0.20	0.08	9.6	0.50	0.20	0.08
2.9	0.54	0.21	0.09	6.3	0.50	0.20	0.08	9.7	0.50	0.20	0.08
3	0.52	0.21	0.09	6.4	0.50	0.20	0.08	9.8	0.50	0.20	0.08
3.1	0.50	0.20	0.08	6.5	0.50	0.20	0.08	9.9	0.50	0.20	0.08
3.2	0.50	0.20	0.08	6.6	0.50	0.20	0.08	10	0.50	0.20	0.08
3.3	0.50	0.20	0.08	6.7	0.50	0.20	0.08	11	0.50	0.20	0.08

**Tabla 7-3: Datos para el espectro de respuesta**



## 7.5. MODELAJE ESTRUCTURAL

El modelaje estructural se realizó en el programa de diseño al ETABS. Donde las paredes son de mampostería de ladrillo cruzado de varios espesores. Las paredes fueron modeladas con elementos finitos.



*Fig. 7-3: Modelo espacial en ETABS.*

### 7.5.1. Definición de materiales

El programa ETABS permite la creación de materiales diferentes a los convencionales (acero y hormigón), la lista de materiales son: hormigón, Eucalipto Globulus Globulus y mampostería de ladrillo.

#### 7.5.1.1. Hormigón

El hormigón empleado es de 210 kg/cm<sup>2</sup> y sus propiedades son las siguientes:

- Peso por unidad de volumen = 2.40T/m<sup>3</sup>

- Módulo de elasticidad =  $15100\sqrt{f'c} = 2188200 \text{ T/m}^2$
- Coeficiente de poisson =  $1/6 = 0.167$
- Coeficiente de expansión termal =  $9.900\text{E-}06$

### 7.5.1.2. Eucalipto Globulus

El Eucalipto Globulus es un material ortotrópico y sus propiedades son:

#### ***Peso por unidad de volumen***

A este parámetro también se lo conoce como densidad y el peso por unidad de volumen del Eucalipto Globulus está determinado en la Tabla 3-11, con un valor de  $0.81 \text{ T/m}^2$ .

#### ***Módulo de elasticidad (MOE)***

La madera tiene tres módulos de elasticidad por ser un material ortotrópico dependiendo de la dirección que son:

- Longitudinal a la fibra (ETABS Dir1)
- Tangencial a la fibra (ETABS Dir2), y
- Radial a la fibra (ETABS Dir3)

MOE longitudinal ó MOE promedio =  $770000 \text{ T/m}^2$

MOE tangencial y radial ó MOE promedio =  $650000 \text{ T/m}^2$

Estos datos son los determinados en el capítulo 3, Tabal 3-12.

### ***Coefficiente de poisson***

El coeficiente de poisson es la relación que existe entre la deformación lateral y la deformación longitudinal. Para la madera existen 6 coeficientes de poisson ya que relacionan las deformaciones en las direcciones longitudinal, radial y tangencial.

Este coeficiente oscila entre 0.325 a 0.40, para el caso de esta tesis se toma el coeficiente de poisson de 0.40.

### ***Coefficiente de expansión termal***

La madera cambia de dimensiones cuando sufre variaciones de temperatura. La madera por su característica de material ortotrópico posee tres valores de dilatación térmica. Los valores típicos de la dilatación en la dirección longitudinal están entre 3 y 4 E-06 C°, en el plano tangencial entre 25 a 40 E-06 C° y en el plano radial entre 15 a 30 E-06 C°.

Los valores empleados para el ingreso en el ETABS son:

- Longitudinal a la fibra (ETABS Dir1) = 3.50 E-06
- Tangencial a la fibra (ETABS Dir2) = 30.00 E-06
- Radial a la fibra (ETABS Dir3) = 20.00 E-06

### ***Módulo de corte***

El modulo de rigidez o modulo de corte indica la resistencia a la deformación de un miembro causada por tensiones tangenciales. Se considera que dicho valor esta entre 1/16 a 1/24 del modulo de elasticidad.

El cociente empleado para el cálculo del modulo de rigidez es de 1/20 y los valores que se ingresan en el ETABS son:

- Longitudinal a la fibra (ETABS Plano 12) = 38500 T/m<sup>2</sup>
- Tangencial a la fibra (ETABS Plano 13) = 32500 T/m<sup>2</sup>
- Radial a la fibra (ETABS Plano 23) = 32500 T/m<sup>2</sup>

Material Name		EUCALIPTO
Type of Material		
<input type="radio"/> Isotropic <input checked="" type="radio"/> Orthotropic		
Analysis Property Data		
Mass per unit Volume		0.0825
Weight per unit Volume		0.81
Modulus of Elasticity	Dir 1	770000
	Dir 2	650000
	Dir 3	650000
Poisson's Ratio	Plane 12	.4
	Plane 13	.4
	Plane 23	.4
Coeff of Thermal Expan	Dir 1	3.500E-06
	Dir 2	30.00E-06
	Dir 3	20.00E-06
Shear Modulus	Plane 12	38500
	Plane 13	32500
	Plane 23	32500

**Fig. 7-4: Propiedades del Eucalipto Globulus en ETABS.**

### 7.5.1.3. Paredes de mampostería cruzada de ladrillo

Este material se lo considera como isotrópico y sus propiedades se presentan a continuación:

- Peso por unidad de volumen = 1.80T/m<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad = 18500 T/m<sup>2</sup>

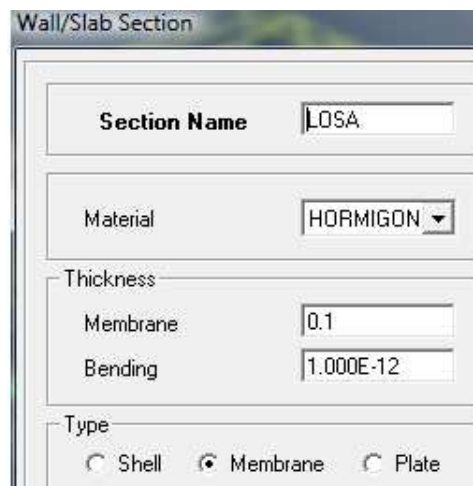
- Coeficiente de poisson = 0.30
- Coeficiente de expansión termal = 1.1700E-05

## 7.5.2. Definición de secciones

Las secciones empleadas son:

### 7.5.2.1. Losa de contrapiso

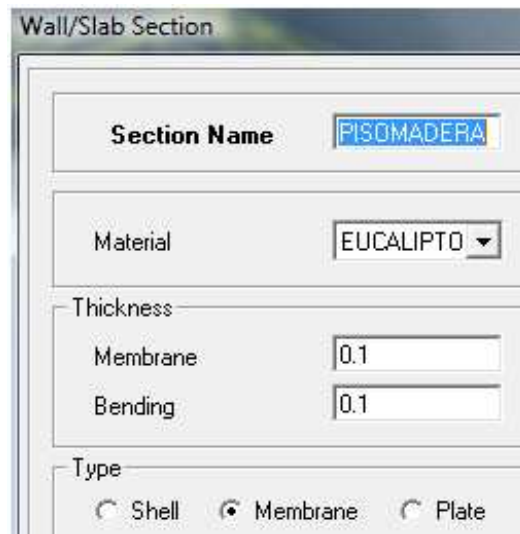
Se asume un contrapiso de hormigón simple de 10cm de espesor.



*Fig. 7-5: Secciones del contrapiso de hormigón ETABS.*

### 7.5.2.2. Losa de 1er y 2do piso

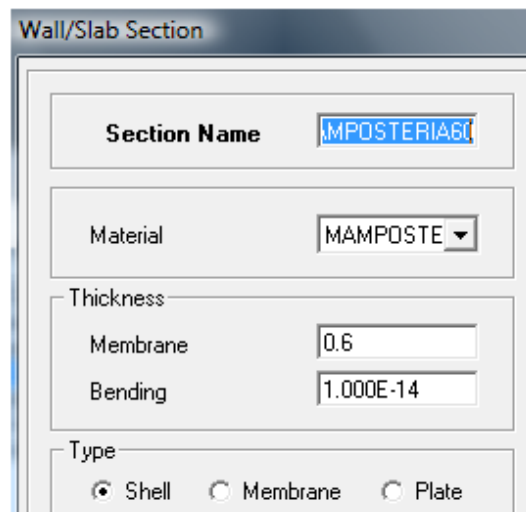
Se coloca una losa de entablado de 0.10cm de espesor, a estos elementos se carga con  $L = 0.20T^2$ .



**Fig. 7-6: Secciones del piso de madera ETABS.**

### 7.5.2.3. Paredes de mampostería

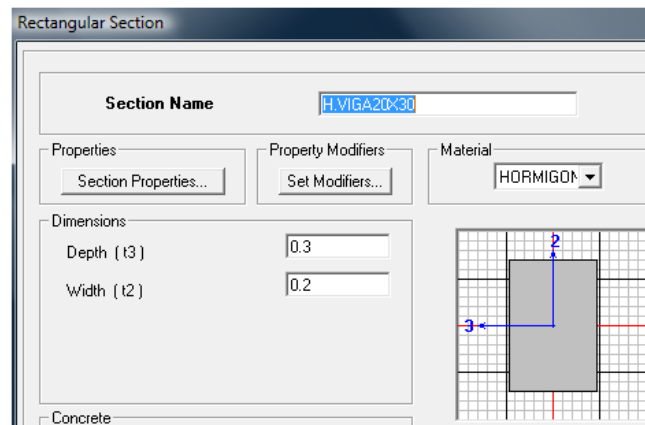
Las paredes de la estructura, se las modela con elementos finitos.



**Fig. 7-7: Secciones de las paredes de mampostería ETABS.**

#### 7.5.2.4. Viga de hormigón

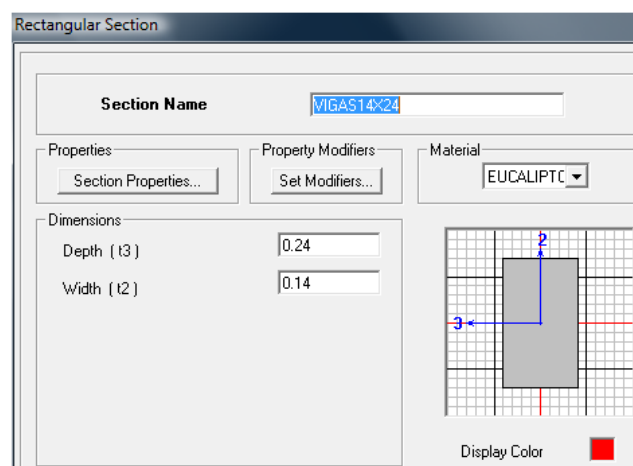
Esta viga se encuentra asentada en las paredes de mampostería para anclar la cubierta, se asumen una sección de 20x30cm.



**Fig. 7-8: Sección de la viga de hormigón ETABS.**

#### 7.5.2.5. Vigas de madera

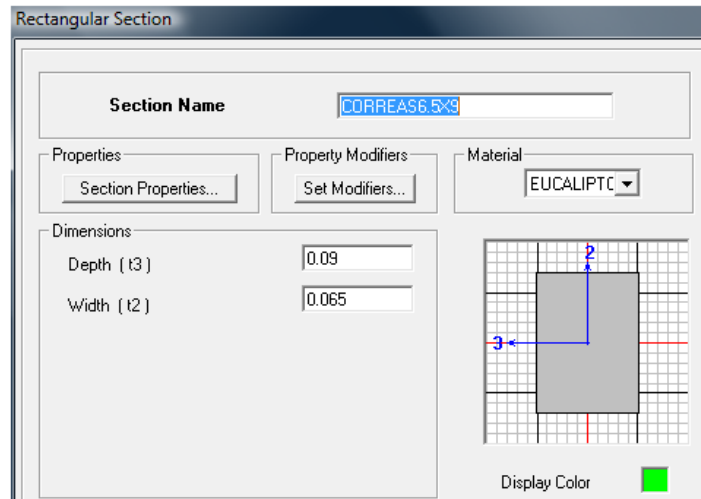
Todas las vigas de madera tienen una sección de 14x24 cm, estas secciones serán comprobadas posteriormente.



**Fig. 7-9: Sección de las vigas de madera ETABS.**

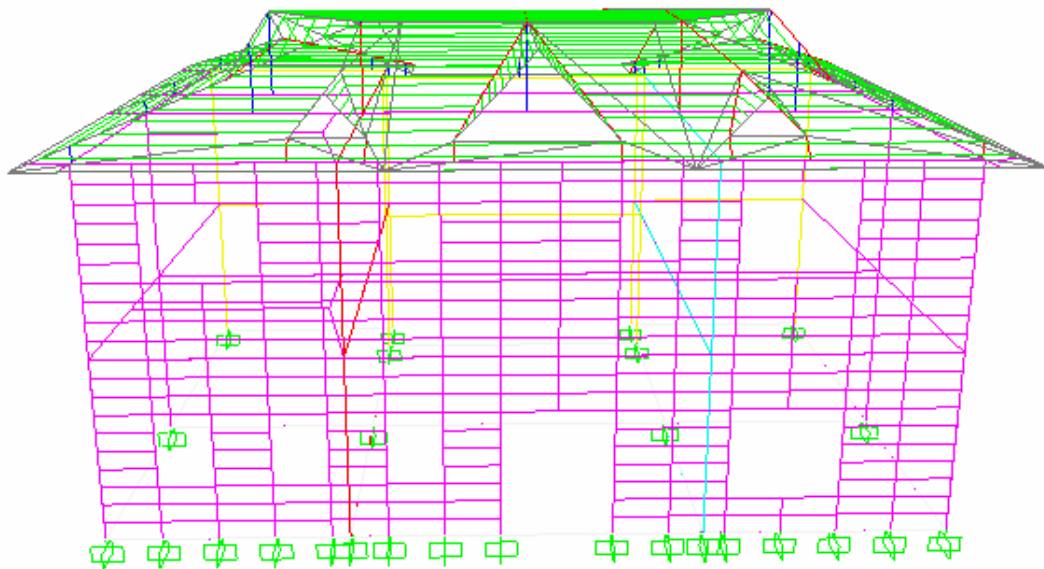
### 7.5.2.6. Correas de madera

Estos elementos se sujetan a las vigas de la cubierta formando un entramado, las secciones que se adopto es de 6.5x9.0cm.



**Fig. 7-10: Sección de las correas de madera en ETAB.**

A continuación se muestra la estructura en ETABS, sin la aplicación de los efectos especiales “extrude”.



**Fig. 7-11: Modelo en ETABS con las secciones establecidas.**



Determinadas las secciones de los elementos, se procede a la asignación de cargas.

### 7.5.3. Asignación de cargas

#### 7.5.3.1. Cargas gravitatorias

Dentro de estas cargas se encuentran las cargas vivas y muertas, como se menciono anteriormente el peso propio es determinado automáticamente por el programa ETABS al momento de definir los materiales, de acuerdo a su densidad.

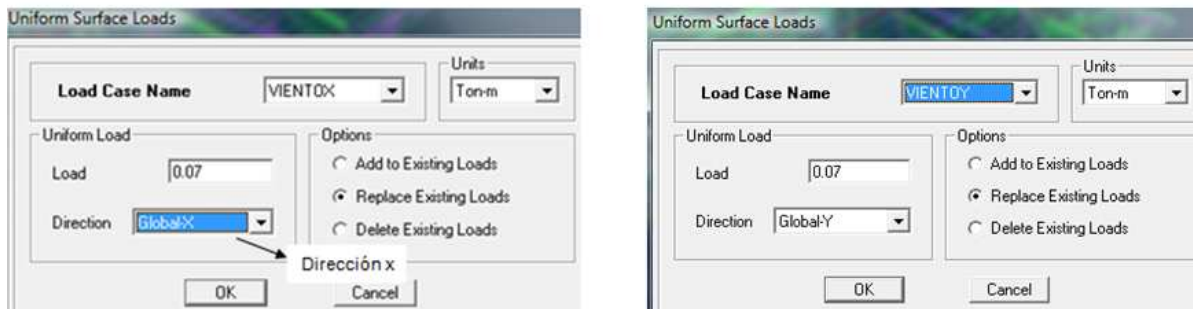


Fig. 7-12: Asignación de la carga de ceniza en la cubierta.

- *Carga en la cubierta ( $T/m^2$ )*
  - D= peso de la teja más tiras de madera = 0.07
  - L= carga de mantenimiento = 0.06
  - S = carga de ceniza = 0.06
  
- *Carga en las losas ( $T/m^2$ )*
  - L=carga de servicio = 0.2

### 7.5.3.2. Carga de viento

Esta carga se aplica en toda la cubierta, y se tiene un viento en la dirección x y un viento en y. Su valor es de  $0.07 T/m^2$ .

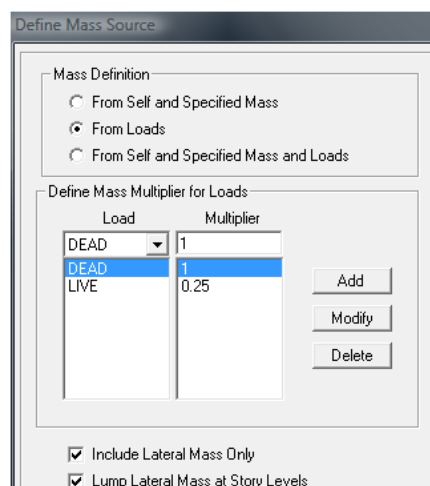


**Fig. 7-13: Asignación de la carga de viento en la cubierta.**

### 7.5.3.3. Carga sísmica

#### ***Ingreso del sismo estático***

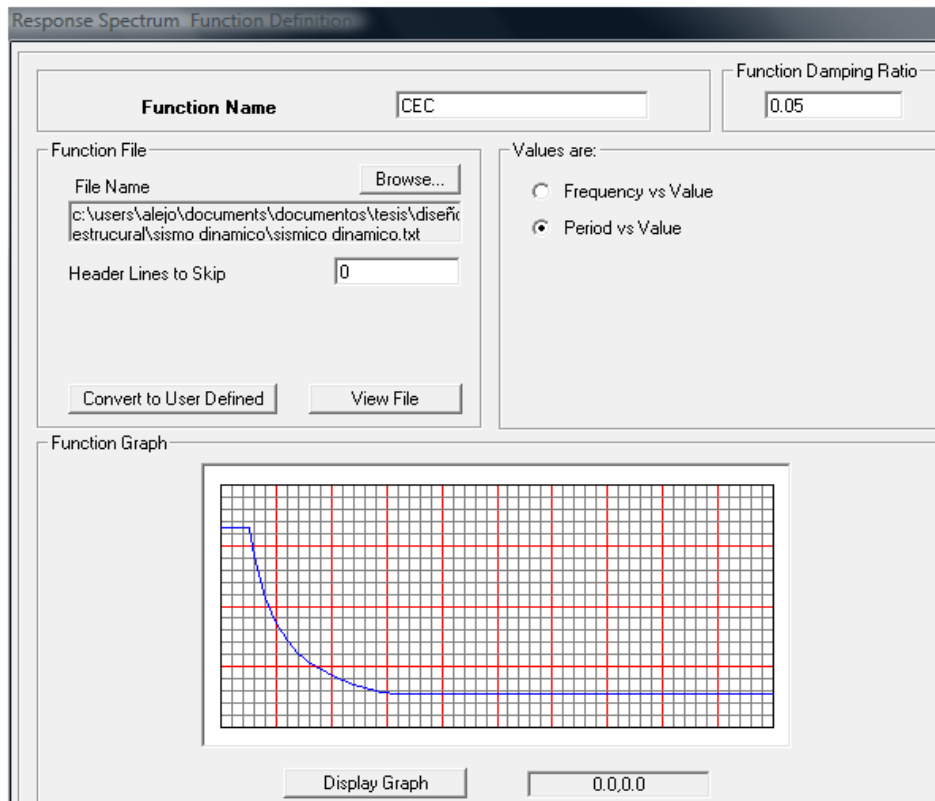
Este sismo calcula el Programa ETABS, solo hay que determinar que cargas influyen en el sismo y estas son 100% Dead y 25% Live.



**Fig. 7-14: Cargas que afectarán a sismo estático ETABS.**

### ***Ingreso del sismo dinámico***

Solo los valores de la Tabla 7-3, periodo y espectro se ingresan en el programa ETABS, para esto hay que guardar estos valores en un formato de texto MDOS.



***Fig. 7-15: Espectro de respuesta en el programa ETABS.***

Ingresado todos los parámetros en el programa ETABS, se procede a analizar la estructura apastando la tecla F5. Los resultados del análisis se presentan en los anexos de la presente investigación y serán utilizados para la determinación de secciones.

## TEORÍA DE DISEÑO DE ELEMENTOS

La teoría de diseño presentada toma como referencia a lo estipulado en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (PADT REFORT).

Además los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad empleados para el diseño de elementos de madera son los presentados en las Tabla 7-4.

SOLICITACIÓN		ESFUERZO POR GRUPO (kg/cm <sup>2</sup> )			
		A	B	C	D
MOE promedio	E <sub>prom</sub>	120000	89000	77000	59000
MOE mínimo	E <sub>min</sub>	98000	82000	65000	53000
Compresión paralela	f <sub>c</sub>	110	100	60	50
Compresión perpendicular	f <sub>ci</sub>	90*	35	23	20
Tracción paralela	f <sub>t</sub>	250	175	150	135
Tracción perpendicular	f <sub>ti</sub>	9*	7	7	7
Corte	f <sub>v</sub>	15	9	8	6
Flexión	f <sub>m</sub>	135	95	70	60

\* No existe valores para la Caña Guadua

**Tabla 7-4: Esfuerzos admisibles de la madera estructural ecuatoriana**

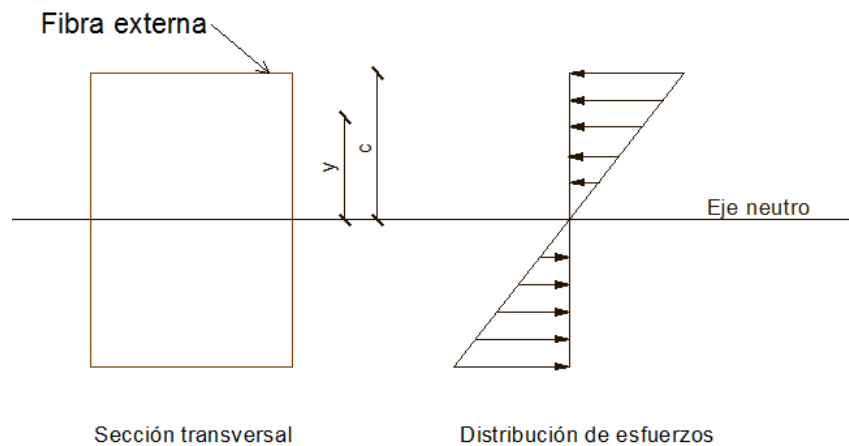
### 7.6. ELEMENTOS TIPO VIGA

Dentro de estos elementos están las vigas y correas

#### 7.6.1. Flexión

Los esfuerzos de compresión o tracción producidos por flexión,  $\sigma_m$  no deben exceder el esfuerzo admisible,  $f_m$ , para el grupo de madera especificado.

El esfuerzo máximo a tracción se produce en la fibra mas alejada del eje neutro.



**Fig. 7-16: Distribución de esfuerzos normales producidos por flexión**

Los esfuerzos máximos que se presentan en una viga, dependiendo de la distancia hacia el eje neutro son:

$$\sigma_m = \frac{M}{I} c = \frac{M}{Z} < f_m \quad \text{ecu. 7 - 17}$$

**Donde:**

$\sigma_m$  = Esfuerzo de flexión

$M$  = Momento aplicado

$I$  = Inercia de la sección transversal

$c$  = Distancia a la fibra mas externa

$Z$  = Módulo de sección

Dependiendo de la sección de la pieza, se obtiene el momento de inercia, para este caso se supone que es una sección rectangular y la distancia a la fibra externa es la mitad de la altura de la viga.

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{ecu. 7 - 18}$$

$$c = \frac{h}{3} \quad \text{ecu. 7 - 19}$$

**Donde:**

b = base de la sección transversal

h = altura de la sección transversal

Reemplazando los valores se tiene:

$$\sigma_m = \frac{6M}{bh^2} < f_m \quad \text{ecu. 7 - 20}$$

**7.6.2. Corte**

El esfuerzo de corte en una sección transversal de un elemento sometido a flexión y a una cierta distancia del eje neutro puede obtenerse mediante:

$$\tau = \frac{VS}{bI} \quad \text{ecu. 7 - 21}$$

**Donde:**

V = Fuerza cortante de la sección

S = Momento estático de la parte de la sección transversal por encima de las fibras en donde  $\tau$  se está determinando

b = base de la sección transversal

I = Inercia de la sección transversal

Si la base permanece constante, el esfuerzo máximo se produce de corte se produce en el eje neutro. Para una viga de sección rectangular el máximo esfuerzo de corte resulta:

$$\tau = \frac{3V}{2bh} < f_v \quad \text{ecu. 7 - 22}$$

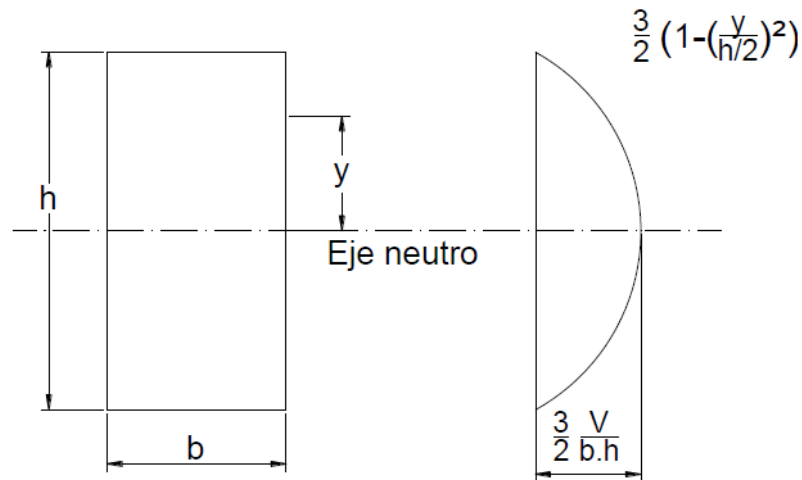


Fig. 7-17: Distribución de esfuerzos de corte para una sección rectangular.

### 7.6.3. Compresión perpendicular a las fibras

El esfuerzo de compresión promedio en la dirección perpendicular a las fibras debe verificarse en los apoyos y otros puntos donde hay cargas concentradas en áreas pequeñas. El esfuerzo de compresión promedio, es determinado por:

$$\sigma_{c\perp} = \frac{R}{ba} \quad \text{ecu. 7 - 23}$$

**Donde:**

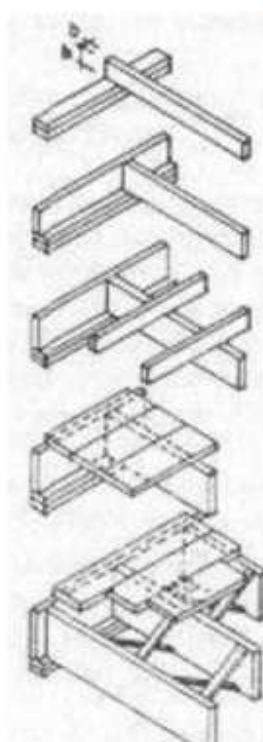
R = Fuerza o reacción

b, a = es el área de contacto o apoyo

### 7.6.4. Estabilidad

Las vigas, correas, viguetas y elementos similares deben arriostrarse adecuadamente para evitar el pandeo lateral de las fibras en compresión.

Para elementos de una sección rectangular los requisitos de arriostramiento pueden relacionarse con la relación altura sobre ancho,  $h/b$ . Se puede emplear la siguiente tabla para un arriostramiento adecuado.



El diagrama muestra cinco niveles de arriostramiento para un elemento rectangular, etiquetados como 2, 3, 4, 5 y 6. El nivel 2 muestra un elemento simple sin arriostramiento. El nivel 3 muestra un elemento con un arriostramiento en un extremo. El nivel 4 muestra un elemento con arriostramiento en ambos extremos. El nivel 5 muestra un elemento con arriostramiento en un extremo y un borde de compresión conectado directamente con entablado o viguetas. El nivel 6 muestra un elemento con arriostramiento en un extremo y un borde de compresión conectado directamente con entablado o viguetas, además de arriostramiento cruzado entre elementos a una distancia menor a 8 veces su ancho.

VALOR $b/h$	TIPO DE RESTRICCIÓN
2	No se necesita apoyo lateral
3	Restricción del deslizamiento lateral en apoyos (traslación y rotación).
4	Restricción del deslizamiento lateral en apoyos elemento mantenido en posición por correas o viguetas.
5	Restricción del deslizamiento lateral en apoyos, borde de compresión conectado directamente con entablado o viguetas
6	Además de los requerimientos de $h/b=5$ , va arriostramiento cruzado entre elementos a una distancia menor a 8 veces su ancho.

**Tabla 7-5: Sistema de arriostramiento según la relación  $b/h$  (Datos tomados del PADT REFORT)**



## 7.7. ELEMENTOS TIPO COLUMNA

El diseño de elementos de madera sometidos a compresión ó flexocompresión está controlado por condiciones de resistencia, una combinación de resistencia y estabilidad, o puramente condiciones de estabilidad. Estas corresponden a columnas cortas, intermedias y largas.

### 7.7.1. Longitud efectiva

Para el diseño de columnas sometidas a compresión o flexocompresión debe hacerse tomando en cuenta su longitud efectiva  $l_{ef}$ . La longitud efectiva es la longitud de la columna doblemente articulada es la interviene en la determinación de la carga máxima por pandeo que puede soportar una columna. Se obtiene la longitud efectiva multiplicando la longitud no arriostrada,  $L$ , por un factor de longitud efectiva,  $k$ , que considera las restricciones o el grado de empotramiento que sus apoyos extremos le proporcionen.

CONDICIÓN DE APOYO	k	Lef
Articulado en ambos extremos	1	L
Empotrado en un extremo ( prevención del desplazamiento y rotación) y el otro impedido de rotar pero libre de desplazarse	1.2	1.2L
Empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar pero libre de desplazarse	1.5	1.5L
Empotrado en un extremo y libre en el otro	2	2L
Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar, pero libre de desplazarse	2	2L

**Tabla 7-6: Coeficiente  $k$  para el cálculo de  $L_{ef}$ . (Datos tomados del PADT REFORT)**

### 7.7.2. Esbeltez

La expresión de diseño para columnas se presenta en función de la relación:

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{d} \quad \text{ecu. 7 - 24}$$

Esta relación se emplea como media de la esbeltez,  $d$  representa la dimensión de la sección transversal en la dirección considerada; si se trata de una columna rectangular se tiene dos medidas de esbeltez una en dirección  $x$  y otra en  $y$ :

$$\lambda_x = \frac{L_{ef}}{h}; \lambda_y = \frac{L_{ef}}{b} \quad \text{ecu. 7 - 25}$$

### 7.7.3. Clasificación de columnas

Las columnas se clasifican en función de su esbeltez:

- Columnas cortas  $\lambda < 10$
- Columnas intermedias  $10 < \lambda < C_k$
- Columnas largas  $C_k < \lambda < 50$

$$C_k = 0.7025 \sqrt{\frac{E}{f_c}} \quad \text{ecu. 7 - 26}$$

#### 7.7.3.1. Columnas cortas

Las columnas intermedias fallan por compresión o aplastamiento. Su carga admisible puede calcularse como:

$$N_{adm} = f_c A \quad \text{ecu. 7 - 27}$$

**Donde:**

$A =$  Área de la sección transversal

$f_c =$  Esfuerzo admisible a compresión, ver Tabla 7-4

$N_{adm} =$  Carga axial máxima admisible

**7.7.3.2. Columnas intermedias**

Las columnas intermedias fallan por una combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo). Su carga admisible se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_{adm} = f_c A \left[ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{\lambda}{C_k} \right)^4 \right] \quad \text{ecu. 7 - 28}$$

**Donde:**

$A =$  Área de la sección transversal

$f_c =$  Esfuerzo admisible a compresión, ver Tabla 7-4

$N_{adm} =$  Carga axial máxima admisible

$\lambda =$  Relación de esbeltez

$C_k =$  Coeficiente

**7.7.3.3. Columnas largas**

Las columnas intermedias fallan por una combinación de aplastamiento e inestabilidad lateral (pandeo). Su carga admisible se determina mediante la siguiente expresión:

$$N_{adm} = 0.329 \left[ \frac{EA}{\lambda^2} \right] \quad \text{ecu. 7 - 29}$$

**Donde:**

$A$  = Área de la sección transversal

$f_c$  = Esfuerzo admisible a compresión, ver Tabla 7-4

$N_{adm}$  = Carga axial máxima admisible

$\lambda$  = Relación de esbeltez

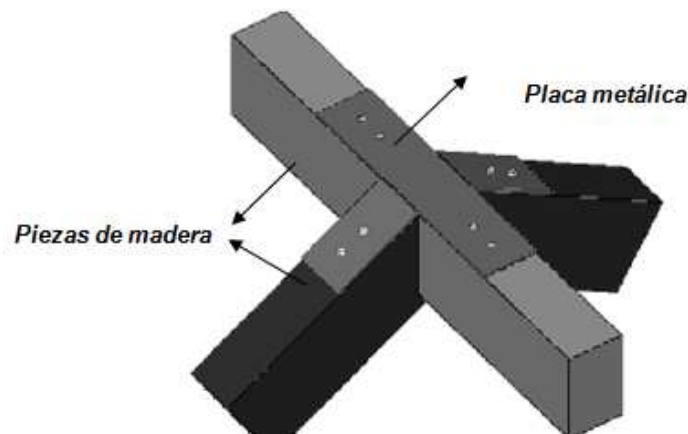
$E_{min}$  = Modulo de elasticidad mínimo

## 7.8. ELEMENTOS DE ANCLAJE

Estos elementos unirán vigas con vigas, vigas con columnas y vigas con correas.

### 7.8.1. Uniones con placas

Estos elementos se emplean para unir piezas de madera a variados ángulos como se aprecia en la Fig. 7-18.



**Figura 7-18: Empleo de una placa metálica en madera**

Para su diseño se empleará pernos y placas con las siguientes características:

### 7.8.1.1. Acero en placas metálicas

Este tipo de acero debe ser al carbono y los principales aceros que cumplen con esta condición son:

TIPO DE ACERO	TIPO DE ACERO	FORMAS	USOS RECOMENDADOS	ESFUERZOS (kg/cm <sup>2</sup> )			
				Fy	Fp	Fu	Fv
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Puentes, edificios y otras estructuras atornilladas, soldadas o remachadas	2520	3402	4060	1000
A441	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas hasta 25mm	Similar al A36	2950	3982.5	5600	1180
A572	De alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas hasta 200mm	Similar al A36	3500	4725	4570	1400
A242	De alta resistencia y baja aleación resistente a la corrosión	Perfiles, placas hasta 150mm	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas. No para puentes	4200	5670	5270	1680
A588	De alta resistencia y baja aleación resistente a la corrosión	Perfiles, placas hasta 100mm	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas	3160	4266	5000	1264
A514	Templados y revenidos	Placas y barras	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas	3160	4266	5000	1264

**Tabla 7-7: Características de aceros para el uso en placas metálicas**

### 7.8.1.2. Acero en pernos y tirafondos

Este tipo de acero se fabrica de bajo o medio carbono y su clasificación esta en función del grado:

ACERO (GRADO)	TIPO DE ACERO	FORMAS	Fy	Fp	Fu	Fv
0	Usados en tornillos, pernos para metales y maderas y en especial donde el material especificado sea de bajo o de medio carbono y no necesite tratamiento térmico.	Tornillos, clavos, tirafondos y pernos	2280	3078	3500	912
1			2460	3321	3800	984
2			3100	4185	4800	1240
3			5000	6750	7700	2000
5			5500	7425	8500	2200
8			6880	9288	10600	2752

**Tabla 7-8: Características de aceros para el uso pernos y tirafondos.**

- $F_y$ =Esfuerzo de fluencia  $F_p$ =
- $F_p$ =Esfuerzo de ruptura a tracción  $F_p = 1.35$
- $F_u$ =Esfuerzo a la tensión
- $F_v$ =Esfuerzo al corte  $F_v=0.4F_y$

### 7.8.1.3. Consideraciones generales

El diseño de uniones con placas metálicas exige:

- Que la placa metálica no se deforme durante su instalación, para lo cual se debe usar una prensa que haga penetrar completa y simultáneamente los dientes en la madera. No se acepta el uso de martillos o similares;
- Que la madera ubicada bajo la placa metálica no presente arista faltante (canto muerto), nudos sueltos, agujeros
- Que las piezas de madera estén en condición seca ( $H < 20\%$ );
- Que los maderos que se unen en un elemento constructivo tengan el mismo espesor, aceptándose una tolerancia menor o igual que 1 mm en el sector de la unión;
- Que el espesor de las piezas que se unen sea mayor o igual que el doble de la penetración del diente;
- Que exista un estrecho contacto de las superficies comunes entre las piezas individuales que se unen. Las uniones y empalmes de compresión deben asegurar el traspaso de las fuerzas sólo por medio del contacto directo entre las piezas.

#### 7.8.1.4. Cargas admisibles

La carga admisible para uniones entre madera y placa metálica se puede considerar como la mitad de la carga tabulada para una unión con pernos a doble cizallamiento. En la Tabla 7-6 se encuentra la carga admisible ya reducida en un 50%, la carga admisible se incrementa de acuerdo al número de pernos ó tirafondos.

PERNO (mm)		CARGA ADMISIBLE UNIÓN CON PLACA METÁLICA (kg)										
Díam.	Long.	Angulo	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
13	114	Humedad del 12%										
		<b>Guayacán</b>	863	845	798	763	565	493	473	438	425	380
		<b>Eucalipto Globulus</b>	670	668	568	518	460	453	435	423	385	360
		<b>Fernansánchez</b>	388	383	353	323	318	308	293	240	190	185
		Humedad del 30%										
		<b>Guayacán</b>	628	615	580	555	410	358	343	320	310	278
		<b>Eucalipto Globulus</b>	510	508	430	393	350	343	330	320	295	273
		<b>Fernansánchez</b>	283	278	258	235	232	225	215	175	140	135

**Tabla 7-9: Cargas admisibles para unión con placa metálica con un perno a diferentes ángulos de aplicación de carga con humedades en la madera del 12% y 30%.**

#### 7.8.7.5. Espesor de la placa metálica

El espesor de las placas debe ser de al menos 1 mm, para determinar el espesor de la placa se calcula por corte de los pernos:

El espesor depende de la resistencia al corte de los pernos y del aplastamiento de la placa metálica, para determinar con mayor exactitud se debe prever que tipo de acero se empleará.

### **Espesor en función de aplastamiento de la placa**

$$e = \frac{P_{max}}{\#pernos \times d \times \text{planos de cizalle} \times F_p} \geq 1.00mm \quad \text{ecu. 7 - 30}$$

**Donde:**

- $P_{max}$  = Carga máxima axial a tracción o compresión.
- $\#pernos$  = Cantidad de pernos en un mismo plano
- $d$  = Diámetro del perno
- $\text{planos de cizalle}$  = Planos de cizalle de acuerdo al número de piezas
- $F_p$  = Esfuerzo de ruptura a la tracción de la placa

### **Espesor en función de aplastamiento de la placa**

$$e = \frac{P_{max}}{\#pernos \times d \times \text{planos de cizalle} \times F_v} \geq 1.00mm \quad \text{ecu. 7 - 31}$$

**Donde:**

- $P_{max}$  = Carga máxima axial a tracción o compresión.
- $\#pernos$  = Cantidad de pernos en un mismo plano
- $d$  = Diámetro del perno
- $\text{planos de cizalle}$  = Planos de cizalle de acuerdo al número de piezas
- $F_v$  = Esfuerzo de ruptura al corte de pernos

#### **7.8.7.6. Longitud de penetración del perno o tirafondo**

La longitud de penetración ó longitud mínima del perno ó tirafondo debe ser lo suficiente para evitar fallas de extracción, se considera que una profundidad adecuada del perno debe ser por lo menos a 8 veces el diámetro del mismo.



### 7.8.7.7. Espaciamientos

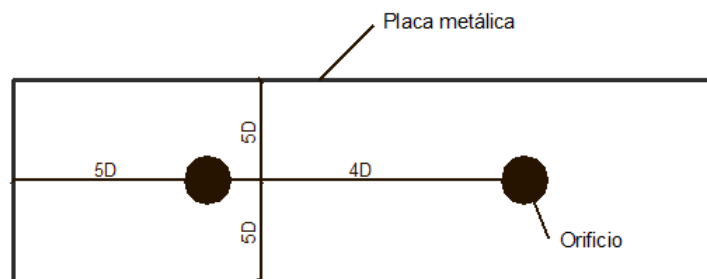
Un espaciamiento adecuado evita la acumulación de esfuerzos en una zona muy pequeña, se debe respetar los siguientes espaciamientos.

#### ***Espaciamiento de borde***

Es la distancia del borde de la placa hacia el primer perno, y debe ser de al menos 5 veces el diámetro del elemento.

#### ***Espaciamientos entre elementos***

Este espaciamiento debe ser de al menos 4 veces el diámetro del elemento.

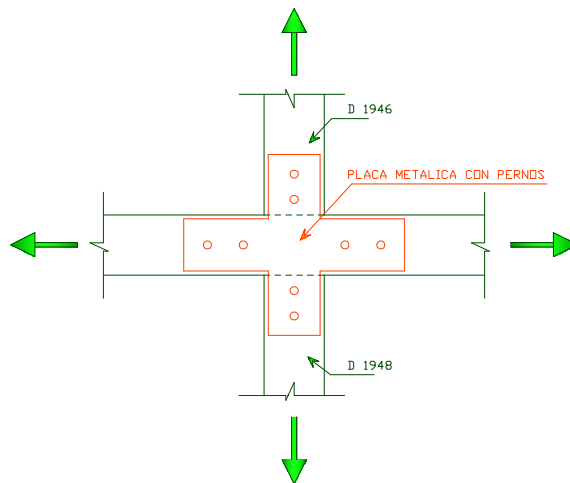


**Figura 7-19: Espaciamientos mínimos**

Luego de haber realizado el análisis estructural de la cubierta de la Casa Montufar N° 623 con los datos obtenidos del ETABS se obtuvieron las siguientes dimensiones de los elementos.

Las columnas tienen una dimensión de 20 cm de base por 20 cm de altura, las vigas con una base de 20 cm por 20 cm de altura, finalmente las correas se diseñaron con una base de 6.5 cm por una altura de 16.5 cm.

Para las uniones de los elementos de madera se diseñaron placas metálicas con acero tipo A36 obteniéndose un espesor de 4mm, se colocaron 2 pernos con un diámetro de 1.27cm o ½ pulgada.



**Figura 7-20: Placas metálicas en elementos de madera.**

## CAPÍTULO 8

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 8.1. CONCLUSIONES

- La totalidad de resultados presentados en esta investigación son con madera ecuatoriana.
- Las propiedades físico-mecánicas de la madera están directamente influenciadas por su contenido de humedad, a mayor humedad menor resistencia y viceversa.
- Se tiene resultados de 14 maderas ecuatorianas investigadas en tesis anteriores, con sus respectivos esfuerzos admisibles y propiedades físicas tal como se indica en el Capítulo 3.
- Las 14 maderas se agrupan en cuatro grandes grupos: grupo A Chanul, Guayacán pechiche, Caña Guadua y Bambú Gigante; grupo B Moral Fino,

Caoba y Mascarey; grupo C Sande, Fernansánchez, Colorado y Eucalipto Globulus ; grupo C Seique, Pituca y Eucalipto Grandis.

- Para la obtención de los resultados se siguió estrictamente los procedimientos establecidos en las normas.
- Las probetas fueron ensayadas en estado seco con un contenido de humedad menor al 20%.
- Todos los resultados de laboratorio fueron corregidos para humedades del 12% (estado seco) y 30% (estado verde), además todas las cargas se encuentran por debajo del límite de ruptura mediante la aplicación de coeficientes de seguridad.
- Todas las probetas ensayadas se las pasó el examen de calidad visual, es decir libres de defectos.
- Las uniones clavadas se caracterizan por tener una falla abrupta, en los cuales los elementos salen expulsados. En ningún ensayo la madera sufrió daño alguno, fueron los clavos los que fallaron. La diferencia de carga conforme se varía el ángulo no es muy diferente, esto se debe a que este tipo de unión está influenciada por la resistencia de los clavos.
- Se determina que para conexiones empernadas, al variar el ángulo de aplicación de las cargas, existe una variación en su resistencia, el valor máximo se obtiene con carga paralela a la fibra y el mínimo perpendicular a la fibra. Se demostró que la fórmula de Hankinson se ajusta a los resultados obtenidos en laboratorio, siempre y cuando se cuente con datos de carga paralela y perpendicular a la fibra.

## 8.2. RECOMENDACIONES

- El criterio empleado en esta investigación es una pauta que podría seguirse para la creación de una Normativa Nacional, en la cual se realice mas ensayos y se reduzca la incertidumbre.
- No es posible crear grupos estructurales de cargas admisibles en uniones clavadas y emperradas en madera, ya que no se cuenta con suficientes datos para su posible creación, se recomienda realizar mas estudios de conexiones empleando otras maderas ecuatorianas.
- Se recomienda que para conexiones importantes en una estructura como: viga-viga, columna-viga, columna cimentación, etc., se emplee pernos ya que provocan que la madera llegue hasta su ruptura y avise un posible colapso, mediante deformaciones. Los clavos se pueden emplear en cualquier conexión pero se necesitan muchos para que alcancen la eficiencia de un solo perno y además se debe tomar en cuenta los espaciamientos mínimos y la cantidad máxima de clavos en una unión para evitar acumulaciones de esfuerzos.
- El curar la madera es un procedimiento recomendable antes de su utilización en la construcción, para que alcance el punto de saturación de la fibra por debajo del 30% y de esta manera contar con factor de seguridad adicional, que puede hasta duplicar su capacidad resistente.
- Es recomendable que el gobierno establezca cuales maderas pueden ser explotadas para su utilización en la construcción y de esta forma solo emplear algunas especies madereras, evitando el uso de especies que no cuentan con estudios previos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Manual de la construcción de Viviendas en madera, Centro de Transferencia Tecnológica de la Corporación Chilena de la Madera, Santiago Chile 2005. Autor: Fritz D. A
- Norma Chilena, Instituto Nacional de Normalización, Construcción en madera NCh 1198. INN-CHILE
- Ingeniería y Construcción en Madera, Segunda Edición 2004. Autor: ARAUCO
- Eurocódigo 5-Proyecto de estructuras de madera, España 2006. AENOR
- Wood Handbook "Wood as an Engineering Material", Madison, Wisconsin, USA 1999. USDA
- American Society for Testing and Materials (ASTM) Section 4, Volume 04.10. Philadelphia, USA. ACI
- The Ecology of Building Materials, Primera Edición, Britain 2000. Autor: Bjorn Berge
- Estudio de Materiales, Para Ebanistas y Carpinteros, Primera Edición 1974. Autor: M. A. Grigoriev.
- Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. PADT-REFORT. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Lima-Perú 1984.

- ASTM D 1761 Método de prueba estándar para sujetadores mecánicos en la madera.
- ASTM D4442 Método de prueba estándar para la medición directa del contenido de humedad en la madera y productos con base de madera.
- Propiedades físico-mecánicas del Eucalipto Globulus y su aplicación al diseño estructural de una vivienda parte de una granja integral, ubicada en el IASA I. Autores: Jorge Esteban Martínez y Juan Carlos Siza.
- Propiedades Físico Mecánicas de las maderas Tipo A: Guayacán pechiche, Colorado, Sande y Mascarey y su aplicación al diseño del paradero en el IASA II. Autores: Stalin Vinicio Armijos Moya y Juan Daniel Medina Gavilanes
- Propiedades físico-mecánicas de las maderas tipo b y tipo c: chanul, moral fino, pituca, Fernansánchez, seique y caoba; y aplicación al diseño estructural del refugio turístico en Chilcapamba del cantón mocha. Autores: Barba Cherrez Darwin Fernando, Cueva Garzón Edison Patricio
- Propiedades físicas-mecánicas de la guadua Angustifolia Kunth y aplicación al diseño de baterías sanitarias del IASA II. Autores: Jorge Alberto Coboz y Javier Antonio León.

# ANEXO 1

- **A1.1 DIMENSIONES DE PROBETAS**
- **A1.2 NORMAS DE LABORATORIO**
  - **Norma ASTM 1761 (Método de prueba estándar para sujetadores mecánicos)**
  - **Norma ASTM4442 (Método de prueba estándar para la medición directa del contenido de humedad)**



















































## **ASTM D4442-92 (Reaprobada en 2003)**

# **MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA MEDICIÓN DIRECTA DE CONTENIDÓ DE HUMEDAD EN MADERA Y PRODUCTOS CON BASE D E MADERA.**

Esta norma se emite bajo la denominación fija D 4442, el número inmediatamente posterior a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de la revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de nueva aprobación última. Un épsilon superíndice (e) señala un cambio editorial desde la última revisión o nueva aprobación.

*Esta norma ha sido aprobada para el uso de agencias del Departamento de Defensa.*

### **1. ALCANCE.**

- 1.1 Estos métodos de ensayo incluye la determinación del contenido de humedad (MC) de madera solida, enchapados, y otros productos de base-madera, incluyendo aquellos que contengan adhesivos y aditivos químicos. Estos métodos de ensayo a continuación describe primario (A) y secundario (B hasta D) procedimientos para medición de contenido de humedad.

Método A – Primario Método Horno de Secado.

Método B - Secundario Método Horno de Secado.

Método C – Método Destilación (Secundario).

Método D – Otros métodos secundarios.

- 1.2 El método primario horno de secado (método A) pretende ser el único método primario. Esta estructurado para fines de investigación donde la mas alta precisión o grado de precisión es necesaria.

- 1.3 El método secundario (B hasta D) están destinados para propósitos especiales o donde el procedimiento primario no es deseado o justificado. En estos procedimientos los valores de contenido de humedad no pueden ser reportado con una precisión mayor que los valores porcentuales enteros. Sin embargo, un mayor nivel de precisión podría ser reportado si los procedimientos primarios apropiados son usados.
- 1.4 Destilación (secundario) este método es destinado para el uso con materiales que han sido químicamente tratados o impregnados de tal modo que el procedimiento horno de secado introduce un mayor error que los resultados deseados.
- 1.5 *Este ensayo no pretende abordar todos los problemas de seguridad, en su caso, asociado con su uso. Esto es responsabilidad de quien usa estas normas, para establecer las pertinentes practicas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad las limitaciones reglamentarias antes de su uso.*

## 2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1 Normas ASTM.

D9 Terminología relativa a la madera<sup>1</sup>

D4933 Guía para el acondicionamiento de madera y productos base-madera.

## 3. TERMINOLOGÍA.

3.1 Definición:

3.1.1. Contenido de humedad - la cantidad de agua contenida en la madera, usualmente expresada como porcentaje de la masa de la madera horno-seco (en concordancia con terminología D9).

3.1.2. Tratamiento – el contenido de humedad en la madera o en otros productos a base de madera puede ser expresado en ambas formas: como porcentaje de la masa seca al horno de la muestra



(base horno seco) o como porcentaje de la masa inicial (base húmeda). Los métodos descritos en esta norma se refieren a la base horno de secado. Debido a que en horno de secado la masa es usada, los valores de contenido de humedad pueden exceder 100%. El término contenido de humedad cuando es usado con productos de base-madera puede ser mal interpretado ya que la madera no tratada frecuentemente contienen diferentes cantidades de componentes volátiles (extractivos los cuales son evaporados a determinado contenido de humedad). La definición de contenido de humedad en la madera se complica aun mas cuando es determinado por un método térmico debido a la degradación térmica, lo que causa que la masa final libre de humedad decrezca en pequeñas pero continuas pérdidas.

#### **4. SIGNIFICADO Y USO.**

- 4.1 Contenido de humedad es una de las variables más importantes que afectan las propiedades de la madera y de productos base-madera. Los procedimientos en estos métodos de prueba están estructurados para permitir la amplia gama desde el uso de investigaciones fundamentales hasta procedimientos industriales. Método A es designado para obtener la mayor precisión en los valores de contenido de humedad compatible con las necesidades del usuario. También provee medios para evaluar la variabilidad aportada por el horno o el espécimen higroscopicidad, o ambos. Además, los criterios están descritos para definir el punto final en horno-secado. Método A es la referencia (primaria) estándar determinar contenido de humedad en la madera y en productos en base-madera. Los métodos B hasta D son métodos secundarios que permiten procedimientos relativamente sencillos para la medición de contenido de humedad, pero con menor precisión que el método A.

sin embargo, mayor precisión podría ser obtenida con el apoyo de datos usando procedimientos apropiados en el método A.

## 5. MÉTODO A – HORNO-SECADO (PRIMARIO)

### 5.1 Aparatos:

- 5.1.1. Horno – un horno de convección forzada que se puede mantener a una temperatura de  $103 \pm 2$  °C durante todo el secado cámara para el tiempo requerido para secar la muestra hasta el punto final podría ser usado. El horno deberá ser ventilado para permitir que la humedad evaporada escape.

**Nota1.-** La proporción de masa de la muestra de volumen de la cámara y la velocidad de aire dentro del horno no son fundamentales, siempre y cuando la temperatura y la humedad dentro del horno sean constantes. La humedad dentro del cuarto debe ser menor que el 70% de humedad relativa. Para mejor precisión, el secado debe llevarse a cabo en un cuarto con humedad relativa constante con la humedad relativa tan baja como posible.

- 5.1.2. Balanza - Sobre la base de una muestra de 10-g (horno seco), lectura mínima de la balanza se determinará por el nivel deseado de precisión.

---

***Nivel de precisión reportado, MC, %    Precisión de la balanza, mg***

---

0.01	1
0.05	5
0.1	10
0.5	50
1	100

Para otros niveles de masa seca al horno, el requisito de la sensibilidad será escalada apropiadamente.

- 5.2. Materiales de Ensayo – toda madera de tamaño conveniente o productos de base-madera pueden ser usados, de acuerdo con el uso de frascos cerrados de pesaje (5.4.6) y la legibilidad equilibrio (5.1.2).

**Nota 2 - Si las muestras contienen algún grado de material volatilizable distintos del agua, puede ser necesario utilizar el Método C o ejecutar Método A y C al mismo tiempo (5.1.2).**

- 5.3. Calibración y estandarización – determinación de la variabilidad de la muestra requiere una medida separada de la contribución de la variabilidad dentro del horno.

- 5.3.1. Determinación de la Variabilidad del Horno – esta sección permite una evaluación separada de la variabilidad del horno de aquellas muestras distribuidas en el horno.

- 5.3.1.1. Selección y Preparación de la muestra – Douglas- tendrá que ser tierra o aserrín y esa fracción contenida en una pantalla de malla 40/60 utilizada. El origen de la muestra o historia de secado no es crítico. El aserrín tendrá que ser agregado en un contenedor cerrado hasta que esté completamente mezclado. Todas las replicas deberán ser

preparadas al mismo tiempo y del mismo lote de material. Todo el material deberá ser transferido y guardado en frascos herméticos para pesar.

5.3.1.2. Equilibrio – el contenido de humedad de la muestra no es importante si las técnicas de preparación descritas bajo 5.3.1.1 son usadas. El equilibrio no es requerido aunque es preferible que el material sea lo mas uniforme posible en el contenido de la humedad.

5.3.1.3. Numero y Localización de las muestras – Cada prueba debe consistir de un set de 8 replicas de muestras. Estas deberán ser localizadas en posiciones de tercios con respecto a la altura, anchura y profundidad de la cavidad del horno. Con este esquema cuatro muestras serán posicionadas en cada uno de dos estantes a un tercio y dos tercios de la altura de la cavidad.

5.3.2. Determinación de las Muestras combinadas y Variabilidad del Horno – los procedimientos son los mismos de 5.3.1.1 – 5.3.1.3 excepto que las muestras de cualquier origen tamaño o forma puedan ser usadas. Calcular la variabilidad con la ecuación 5.5.2.

5.3.3. Procedimiento – Usar el procedimiento primario de horno de secado (5.4).

5.4. Procedimiento:

5.4.1. Las muestras que serán equilibradas deberán ser procesadas como en la guía D 4933.

5.4.2. Guardar las muestras en contenedores herméticos individuales si algún retraso pudiera ocurrir entre el muestreo y la toma de peso.

5.4.3. Pesar las muestras usando un balance consistente con la precisión deseada (ver 5.1.2)

- 5.4.4. Coloque las muestras en el horno dentro del volumen de prueba para la precisión del horno.
- 5.4.5. Punto final – asumir que el punto final ha sido alcanzado cuando la pérdida de masa en un intervalo 3-h es igual a o menor que dos veces el balance de sensibilidad seleccionados. Por ejemplo con una muestra de de 10 g (horno de secado) el balance de sensibilidad para 0.01% precisión MC es 0.1 mg (ver 5.1.2), por lo tanto secar a 0.2 mg o menos de pérdida de masa en un periodo 3-h.
- 5.4.6. Manejo y Procedimientos para pesar – Muestra secas deberán ser guardadas en un desecador fresco hasta que hayan alcanzado temperatura ambiental. Todas las tomas de peso deberán ser llevadas afuera usando frascos cerrados para pesar.
- 5.5. Cálculos:
- 5.5.1. calcular el contenido de humedad de la siguiente manera:

$$MC, \% = (A - B) / B * 100 \quad (1)$$

Donde:

A= masa original, g.

B= masa seca al horno, g.

Ejemplo – muestra A de madera pesa 56.70 g. luego del horno de secado la masa pesa 52.30 g

$$MC\%=(56.70 - 52.30)/52.30*100 \quad (2)$$

$$=(4.4/52.3)*100 = 8.4 \% \quad (2)$$

**Nota 3 - Si la madera ha sido tratada con un producto químico volátil y si la masa del producto químico retenido es conocido, el contenido de humedad puede ser determinado de la siguiente manera:**

$$MC, \%= (A-B)/D \times 100$$

Donde:

D= B menos masa del químico retenido en la muestra.

5.5.2 Calculo de la varianza de las muestras de la siguiente manera:

$$S_w = (S_{ow}^2 - S_o^2)^{1/2}$$

Donde:

$S_w$  = varianza del material de la muestra,

$S_o$  = varianza del horno (desde 5.3.1), y

$S_{ow}$  = muestras combinadas y varianza del horno (5.3.2).

5.6 Reporte – Reportar la siguiente información: masa nominal seca al horno, tipo de material, varianza del horno, varianza de la muestra, sensibilidad de la balanza, modelo y tipo de horno, y cualquier desviación del método prescrito. El número de puestos decimales reportados no deberán exceder el nivel de precisión (5.1.2).

5.7 Precisión y Parcialidad:

5.7.1 Precisión de la medición – por definición, la precisión de la medición ha sido igualada a la precisión determinada de pruebas de medición, no hay parcialidad asumida en la medición debido a la imposibilidad de evaluar con precisión el contenido de humedad. Con este enfoque la actual precisión podría ser menor que la precisión fijada. Al mismo tiempo, no hay datos disponibles para reportar varianzas típicas en hornos o de los materiales de la muestra.

## 6. MÉTODO B – HORNO DE SECADO (SECUNDARIO)

6.1. Aparatos:

6.1.1. Horno – Un horno que pueda mantener  $103 \pm 2$  °C al punto final de secado será usado.

6.1.2. Balanza – La sensibilidad será de un mínimo de 0.1 % de la masa nominal seca al horno de la muestra (ver 5.1.2 y 5.3).

- 6.2. Materiales para el ensayo – Cualquier tamaño conveniente de madera o productos de base madera podrán ser usados, sin embargo, la legibilidad de la balanza será consistente con la precisión deseada (ver 5.1.2 y 5.3).

***Nota 4 - Si las muestras contienen algún grado de material volatilizable distintos del agua, puede ser necesario usar el Método C, o ejecutar Los métodos B y C al mismo tiempo.***

- 6.3. Calibración y Estandarización – no se requieren ensayos específicos a menos que se desee una mayor precisión que valores enteros de contenido de humedad. Ver 6.7.

- 6.4. Procedimiento:

- 6.4.1. Muestras para ser equilibradas será procesadas como en la guía D4933..
- 6.4.2. Guardar las muestras en contenedores herméticos individuales o envases si algún retraso pudiera ocurrir entre el muestreo y la toma de peso.
- 6.4.3. Pesar las muestras usando balanza de acuerdo con la precisión deseada. (ver 6.1.2).
- 6.4.4. Punto final – asumir que el punto final ha sido alcanzado cuando no hay cambios apreciables en la masa final lecturas hechas aproximadamente en intervalos 4-h.

***Nota 5: Como una guía, un modelo sólido de aire seco de la madera alrededor del 50 por 100 mm de sección y 25 mm a lo largo del grano suele alcanzar "Masa constante" dentro de las 24 h cuando se secan en un horno de convección forzada con este procedimiento***

6.4.5. Manipulación y Procedimientos para toma de pesos – Muestras secas será pesadas tan pronto como sea posible para minimizar la recepción de humedad.

6.5. Cálculo del Contenido de Humedad:

6.5.1. Cálculo del Contenido de Humedad de la siguiente forma:

$$MC, \% = (A - B) / B \times 100 \quad (5)$$

Donde:

A = masa original , g.

B = masa seca al horno, g.

Ejemplo – Muestra A de madera pesa 56.7 g. luego del secado al horno la masa era 52.3 g.

$$MC, \% = (56.7 - 52.3) / 52.3 \times 100$$

(6)

$$= (4.4 / 52.3) \times 100 = 8.4$$

Alrededor del 8% (ver 1.3 y 6.7.1)

**Nota 6: Si la madera ha sido tratada con un producto químico volátil y si**

**la masa del producto químico retenido es conocido, el contenido de humedad puede ser determinado de la siguiente manera:**

$$MC, \% = (A - B) / D \times 100 \quad (7)$$

Donde:

D = B menos la masa del químico retenido en la muestra.

6.6. Reporte - reportar la siguiente información: significado, desviación estándar, número de muestras, y cualquier desviación del método. Valores de contenido de humedad serán integrados solo (ver 6.7.1).

6.7. Precisión y Parcialidad:

6.7.1. La precisión es asumida para no ser mayor que +- 1% del contenido de humedad para cualquier medición a menos que los apropiados procedimientos en Sección 5 sean usados.



6.7.2. No hay cálculos de polarización se pueden hacer de este procedimiento.

## 7. MÉTODO C – DESTILACIÓN.

### 7.1. Aparatos:

- 7.1.1. Matraz de extracción – un matraz de 500 ml y sostenedor dedal como se muestra en la fig 1. El matraz y el sostenedor podrán ser combinados en uno.
- 7.1.2. Condensador – Un condensador enfriador de agua del tipo Coldfinger, como se muestra en la fig 1. O del tubo recto tipo Liebig.
- 7.1.3. Receptor de Agua – un tubo de vidrio que tenga preferiblemente un diámetro interior de 9 a 10 mm y sellado hasta el final. Si un receptor con llave de cierre es usado, la llave de cierre será ajustado en lugar. La porción graduada del tubo tendrá una capacidad de 10 ml. la menor graduación no será mayor que 0.1 ml con la mayor división marcada de 1 a 10. El receptor de agua deberá ser químicamente limpiada de forma que el menisco al final de la prueba sea igual que al principio. (El receptor de agua podrá estar recubierto con silicona resina para dar un menisco uniforme. El escudo del receptor, primero limpiarlo con acido sulfúrico crómico acido mezcla. Enjuagar el receptor limpio con resina silicona y después drenar por pocos minutos por 1 h aproximadamente a 200 °C ).
- 7.1.4. Copa de extracción - ya sea un vaso de sifón de Wiley adecuado tamaño o una cesta hecha de malla de aproximadamente 45, inoxidable de acero de gasa y tener las dimensiones aproximadas de 42 mm de diámetro exterior y 127 mm de longitud. La copa del sifón es recomendada para perforaciones de grandes tratados pilotes. Cuando una taza de sifón se utiliza, la pérdida de partículas de madera debe ser impedido o bien mediante la colocación de una



- 7.1.7. Barra – Una barra de aproximadamente 3 mm de diámetro hecha de algún material el cual el agua no se adhiera como TFE- resina de flúor carbono.
- 7.1.8. Horno – El horno deberá mantener una temperatura de  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- 7.1.9. Disecador:
- 7.1.10. Balanza – La balanza deberá tener una sensibilidad de 0.01 g.
- 7.1.11. Barrenador de Incremento.
- 7.2. Reactivos y Materiales:
  - 7.2.1. Desecantes – Cloruro de Calcio, sílice gel, etc.
  - 7.2.2. Tolueno – El tolueno deberá ser del grado conocido como industrial puro, hirviendo dentro de  $2^{\circ}\text{C}$ .
- 7.3. Preparación de Aparatos:
  - 7.3.1. Colocar alrededor de 200 ml de tolueno y de 1 a 2 ml de agua destilada en el matraz de extracción. Ensamblar el aparato en el plato caliente, aplicar calor, y reflujo alrededor de 30 min. Permitir que el contenido del receptor de agua se enfríe a temperatura ambiente, luego usando la barra transferir cualquier agua adherida a las paredes del condensador o a las paredes de la trampa de agua para la capa de agua en la trampa. Leer y grabar el volumen de agua en la trampa en el mas cercano 0.01 ml.

***Nota 7: Si el frasco, trampa de agua, y paredes internas del condensador se secan cuidadosamente, este procedimiento puede ser eliminado, y tolueno seco usado para la extracción.***

- 7.3.2. Antes de usar la barra de incremento para tomar una muestra para determinación de humedad o preservación, calibrar las barras. Tomar 20 barras del mismo material. Medir cada barra en su punto medio al mas cercano 0.025 mm, una vez en dirección de la fibra transversal y una vez en dirección de la fibra longitudinal. Promediar estas dos mediciones cuadrar el resultado. Calcular la

suma de las 20 resultados y dividir el total para 20. Calcular la raíz cuadrada del cociente al más cercano 0.025mm. Usar este resultado como el diámetro calibrador de la barra.

#### 7.4. Procedimiento:

- 7.4.1. Pesar la canasta de cables de extracción o el sifón Wiley y la botella para pesar separadamente al mas cercano 0.01 g. colocar la canasta o el sifón en la botella para pesar.
- 7.4.2. Cuando se usa la barra de incremento, tomar un mínimo de 20 perforaciones del lote de maderas para ser muestreadas. A medida que cada perforación se toma, corte cuidadosamente y mida la porción deseada para el ensayo. Colocar cada sección de perforación en la canasta de extracción o en el sifón Wiley cuando este cortado. Tapar la botella de toma de pesos todo el tiempo excepto en el momento de poner o quitar las perforaciones de este. Cuando una muestra otra que un incremento de perforación es usada, esta deberá estar compuesta de fragmentos que no serán mayores de 6 mm a lo largo de la fibra, y de dimensiones de la sección transversal conveniente para encajar el recipiente de extracción. Mezclar los fragmentos rápidamente en un contenedor adecuado y luego transferir una porción de cerca de 25 g en la canasta de extracción.
- 7.4.3. Pesar la botella, contenedor, y contenidos mas cercanos a 0.01 g. transferir el contendor y contenidos a la sección de extracción del aparato. Pesarlo vacio, taponar la botella para tomar pesos al mas cercano a 0.01 g sin remover ningún condensador de este. La diferencia entre la masa y la masa original de la botella para tomar pesos representa la primera porción de agua en la muestra.
- 7.4.4. Aplicar calor al aparato de extracción y reflujó el tolueno a una velocidad de mínimo 1 gota/segundo desde la punta del condensador. Con la madera tratada con creasota fresca, continuar el reflujó por al menos 2 horas. Extracto de al menos 5 h para

madera recién tratada con soluciones de alquitrán cresota-carbon. Luego el apropiado periodo de reflujó, permitir que el contenido de la trampa se enfríe a temperatura ambiente. Por la ayuda de la barra, transferir toda agua adherida a las paredes del condensador a las paredes de la trampa de agua a la capa de agua en la trampa, luego leer y grabar el volumen de agua de la trampa al mas cercano a 0.01 ml. la diferencia entre estas lecturas y la primera lectura (7.3.1) representa la segunda y final porción de agua en la muestra.

7.4.5. Mientras la extracción esta en proceso, limpiar la botella para pesar enjuagando con acetona, secar en el horno, enfriar en el disecador, luego pesar de nuevo y volver a colocar en el disecador.

7.4.6. Remover el contenedor extractor y contenidos del matraz de extracción y colocar bajo un gancho por 15 minutos, luego colocar en el horno precalentado a 125 °C. secar por 2+-0.5 h.

7.4.7. Cuando el contenedor y perforaciones se hayan secado por un tiempo prescrito, transferir a la botella para pesar. Enfriar la botella destapada y contenidos a temperatura ambiente en un disecador, luego pesar con tapa al mas cercano a 0.01g. calcular y grabar el peso de la madera seca extraída.

7.5. Cálculos:

7.5.1. Calculo del contenido de humedad de la forma:

$$MC, \text{ porcentaje de madera extraída} = (A+B)/C \times 100 \quad (8)$$

Donde:

A = primera porción de agua, g (7.4.3)

B= Agua medida en la trampa, ml (7.4.4)

C = masa final de botella mas contenedor mas contenidos menos masa bruta final de botella menos masa bruta de contenedor. esta es la masa de madera seca extraída.

7.5.2. Si la masa de conservación de la muestra, volumen de la muestra, y retención sea deseada, la siguiente ecuación será usada:

$$\text{Masa de conservación de la muestra, } g = A - B - C - D \quad (9).$$

Donde:

A = masa original de botella mas contenedor mas contenido menos masa original bruta de la botella menos masa bruta del contenedor g.

B = Masa final de la botella mas contenedor mas contenido menos masa bruta final de la botella masa bruta del contenedor g.

C= agua medida en la trampa ml.

D = primera porción de agua (7.4.3),g.

$$\text{Volumen de muestra, } \text{cm}^3 = \pi Lr^2 \quad (10)$$

Donde:

L = longitud total de perforaciones, cm

r = diámetro calibrado de perforaciones, cm.

$$\text{Contenido de conservación, } \text{g/cm}^3 = m/V \quad (11)$$

7.6 Reporte – Reportar la siguiente información: tipo de material, tratamiento químico si se conoce, varianza de muestra, y cualquier desviación del aparato específico, agentes o procedimientos.

7.7 Precisión y Parcialidad.

7.7.1 La precisión asumida será +- 1% MC o menor a menos que procedimientos apropiados en sección 5 sean usados.

7.7.2 No se podrán hacer cálculos de parcialidad para este procedimiento.

## 8. MÉTODO D – OTRO SECUNDARIO.

8.1 una variedad de otros métodos han sido usados para medir el contenido de humedad de productos en base madera. Esto incluye la valoración Karl Fischer, infrarrojo (calentamiento y absorción), microondas (Calentamiento y absorción), resonancia nuclear magnética (NMR), vacío horno de secado, etc. No hay procesos recomendados para este método. Como tal, resultados obtenidos usándolos no deberán ser mejores que la precisión del

método B. mayor precisión podrá ser reportada solo si los procedimientos del método A son usados para confirmar el nivel de precisión fijada. La practica general y la intención del horno de secado y otros métodos podrán ser empleados.

## **9. PALABRAS CLAVES**

9.1 contenido de humedad; madera; materiales base madera.

## **ASTM D1761-88(Re aprobada en el 2000)**

# **MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA SUJETADORES MECÁNICOS EN MADERA**

Esta norma se emite bajo la denominación fija D 1761, el número inmediatamente posterior a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de la revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de nueva aprobación última. Un épsilon superíndice (e) señala un cambio editorial desde la última revisión o nueva aprobación.

## **INTRODUCCIÓN**

El uso de la madera y materiales de base de madera son aplicadas en muchas estructuras y a menudo implica el uso de sujetadores mecánicos, tales como clavos, tornillos, pernos y conectores. Los datos sobre la fuerza y el rendimiento de tales cierres son con frecuencia necesarios para el diseño y así mismo para fines comparativos. Pruebas de elementos de sujeción mecánica (excepto la retirada de clavos) se han considerado generalmente como pruebas especiales y no han sido incluidos en los métodos estándar ya establecidos para la evaluación de las propiedades de la madera. Muchas pruebas especiales han sido ampliamente utilizadas durante un período considerable, pero no han sido previamente establecidos como normas. Adjunto se presentan los métodos de realización de pruebas para las clavos, grapas y tornillos (excepto maquinas atornilladoras) la resistencia a la retirada; transmisión de carga lateral de un clavo, grapas, tornillos, pernos; pruebas atornilladas y conectores en la madera; tensión para juntas de tipo placa y suspensión en vigas.

El uso de métodos de referencia para estas pruebas se recomienda como un medio para obtener datos comparables y de eliminar las variables de resultados



de las pruebas debido a las variaciones en los métodos de ensayo. Las pruebas aparecen en el orden siguiente:

Item	Seccion
Prueba de retiro de clavos, grapas, tornillos	1 a 12
Prueba de resistencia lateral en clavos, tornillos y grapas	13 a 20
Pruebas empernadas y conectores en la madera	21 a 30
Ensayo de tension para juntas de tipo placa	31 a 40
Prueba de suspensión en vigas	41 a 50
Sesgo y presicion	51

## PRUEBA DE RETIRADA DE CLAVOS, GRAPAS Y TORNILLOS

### 1. ALCANCE

- 1.1. Estos métodos de ensayo proporcionan un procedimiento básico para evaluar la resistencia de la madera y materiales a base de madera a la retirada directa de clavos, grapas y tornillos. Las espigas son incluidas como clavos en la presente norma.
- 1.2. Las pruebas también proporcionan una base para determinar el desempeño comparable de los diferentes tipos y tamaños de clavos, grapas y tornillos en la extracción directa en la madera y materiales de base de madera.
- 1.3. Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas pertinentes de seguridad, salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones reglamentarias antes de su uso.

## **2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA**

### **2.1. Normas ASTM**

- D143 Método de ensayo para pequeños especímenes de madera. Volumen 04.10
- D2016 Método de prueba para determinar el contenido de humedad en la madera. Volumen 04.09
- D2395 Métodos de prueba para determinar la gravedad específica de la madera y materiales con base de madera. Volumen 04.10
- E4 Prácticas de verificación de carga para maquinas de ensayo. Volumen 03.01

### **2.2. Otras normas**

- ANSI B18.6.1 American National Standard para el ranurado en la cabeza y empotramiento de tornillos

## **3. RESUMEN DEL MÉTODO DE PRUEBA**

- 3.1. Las muestras consisten en prismas de madera o con productos con base de madera, con clavos, grapas o tornillos colocados en ángulos derechos en una o más caras. Los sujetadores se retiran en una tasa uniforme de velocidad por medio de una máquina de ensayo, y la carga máxima se registra. Propiedades físicas suplementarias para madera y productos con base de madera son determinadas.

## **4. SIGNIFICADO Y USO**

- 4.1. La resistencia a la retirada directa de clavos, grapas o tornillos de una especie de madera o productos con base de madera es una medida de su capacidad de mantener o mantenerse a un objeto al lado por medio de sujetadores. Factores que afectan a la resistencia al retiro incluyen: las propiedades físicas y mecánicas de la madera, el tamaño, forma, estado de la superficie de los elementos de fijación

y la velocidad de la retirada, los cambios físicos de madera o sujetadores entre el tiempo de conducción y el tiempo de retirada; orientación del eje de la fibra.

- 4.2. Mediante el uso de un tamaño estándar y el tipo de clavos, grapas o tornillos, la resistencia a la retirada de una especie de madera o productos con base de madera puede ser determinados, así como para dos o más maderas ó productos con base de madera se pueden comparar los resultados. Del mismo modo, resultados comparativos de diferentes tamaños o tipos de clavos, grapas o tornillos se puede determinar mediante el uso de un procedimiento estándar con una madera particular o producto con base de madera, lo que elimina la madera o el producto con base de madera como una variable. Dado que las diferencias en los métodos de prueba puede tener una influencia considerable en resultados, es importante especificar y respetar el uso de un procedimiento estándar, los valores de ensayo deben estar relacionados con otros resultados de pruebas.

## 5. EQUIPO

- 5.1. Máquina de prueba: Cualquier máquina de prueba que sea capaz de operar a una velocidad constante de movimiento en el cabezal móvil y con una exactitud del  $\pm 1\%$  cuando se calibran de acuerdo con las prácticas E 4.
- 5.2. Elemento sujetador: Un dispositivo de sujeción para encajarlo a la base de la cabeza del clavo, tornillo ó grapa y de un diseño tal que permita un posicionamiento exacto de la muestra y para la aplicación de la carga axial. Una sujeción que contendrá la muestra en una platina también es necesario, un mecanismo de ensayo que permitan la retirada del tornillo se ilustra en la figura. 1

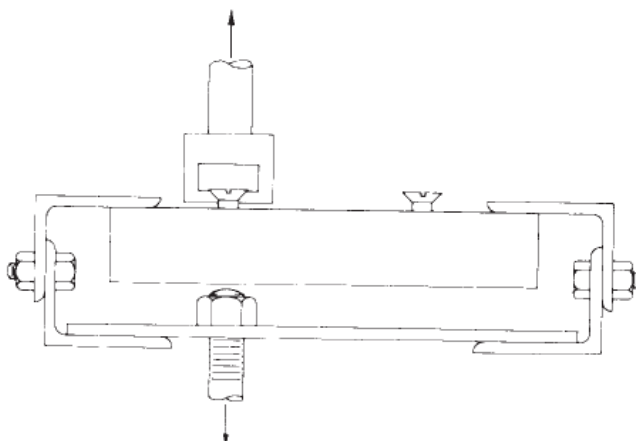


Fig. 1: Diagrama del ensamble para la prueba de retiro del tornillo.

## 6. ENSAYO DE LOS MATERIALES

### 6.1. Clavos

6.1.1. Los clavos usados para las pruebas de la retirada de base, deberá ser cilíndricos de vástago llano, clavos de acero de bajo carbono, nominalmente 0,113 pulgadas (2,87 mm) de diámetro.

*Nota 1. Los clavos deberán ser limpiados antes de su uso para eliminar cualquier capa que pueda estar presentes como resultado de operaciones de fabricación y exposición. Para cada clavo a la vez. Un clavo de 3/4" cumple con este requisito*

6.1.2. Para la determinar la capacidad a la resistencia de extracción de los diferentes tipos, tamaños de clavos en la madera o productos con base de madera, los clavos respectivos deberán ser representativos del proceso de fabricación normal.

### 6.2. Grapas

6.2.1. Las grapas utilizadas para la resistencia a la extracción deberán ser normalizados de 2 pulgadas (51 mm) de largo, 7/16"(11,1 mm) en la corona, calibre 15 (0,072 pulgadas) (1,83 mm), estas grapas serán de acero galvanizado. Deberán ser limpiados antes de su uso. Cada grapa se utilizará una vez.

6.2.2. Para la determinar la capacidad a la resistencia de extracción de los diferentes tipos, tamaños de grapas en la madera o productos con base de madera, las grapas respectivas deberán ser representativas del proceso de fabricación normal.

### 6.3. Tornillos

6.3.1. Los tornillos utilizados para las pruebas a la extracción, deben ser normados de 1 pulgada (25 mm) calibre N° 10, los tornillos deben ser de cabeza plana de bajo carbono como se describe en la Norma Nacional Americana (ANSI), para el ranurado de la cabeza y empotrada de tornillos en la madera ver la norma (ANSI B18.6.1). Cada tornillo se utiliza una vez.

6.3.2. Para la determinar la capacidad a la resistencia de extracción de los diferentes tipos, tamaños de tornillos en la madera o productos con base de madera, los tornillos respectivos deberán ser representativos del proceso de fabricación normal.

6.4. *Madera y productos con base de madera:* los prismas serán cortados con precisión y con las dimensiones requeridas. La madera a usar deberá tener una densidad representativa, libres de defectos e irregularidades de crecimiento, y del contenido de humedad especificado.

## 7. MUESTREO

7.1. El muestreo de selección debe proporcionar un material de prueba representativo, sobre una base objetiva e imparcial, que abarca una gama adecuada de la densidad y las propiedades como las circunstancias lo indiquen.

- 7.2. Las pruebas deben ser suficientemente extensivas para proporcionar resultados fiables. En caso de análisis por métodos estadísticos se contempla: la experiencia y a veces la estimaciones, previamente se puede utilizar la estadística para determinar el alcance de las pruebas y el tipo de muestreo necesarios para lograr la fiabilidad prevista.

Nota 2: La precisión requerida, la forma de muestreo y el número de pruebas, dependerá de los objetivos específicos. No hay criterios específicos para afirmar este hecho. La experiencia general indica que el coeficiente de variación de las pruebas con sujetadores esta en rangos de 15 a 30%. Cuando sea necesaria una precisión de 5 a 10%, con un 95% de confianza (una medida general de seguridad aceptada a menudo para las pruebas de fiabilidad en la madera) esto no puede lograrse sin un número bastante grande de pruebas. *La recomendación actual es realizar por lo menos 10 repeticiones para cada variable como un requisito mínimo.*

## 8. ENSAYO DE LA MUESTRA

### 8.1. Extracción de clavos y grapas

- 8.1.1. Para las pruebas básicas de extracción en madera, el prisma de madera será de 2 por 2 por 6 pulgadas (51 por 51 por 152 mm). Los clavos del tipo descrito en el punto 6.1.1 y las grapas del tipo descrito en 6.2.1 deberán ser introducidos en ángulo recto a la cara de la pieza en una profundidad total de 1 1/4 pulgadas (32 mm). Dos elementos de fijación deberán ser conducidos en una superficie tangencial, dos en una superficie radial, y una en cada extremo. La distancia entre el borde del prisma y los elementos sometidos a la extracción debe ser suficiente para evitar rajaduras. En general las distancias entre clavos no debe ser inferior a 3 / 4 pulgadas (19 mm) y al final no inferior a 11 / 2 pulgadas (38 mm). Dos grapas no deberán estar en línea recta

separados en una distancia menor a 2 pulgadas (50mm) en dirección tangencia o radial de la cara. Los clavos deberán ser conducidos manualmente con un martillo. Las grapas se inserta con una herramienta adecuada en lo posible perpendicular a la superficie de la muestra, con la corona de la grapa a  $45^{\circ} (\pm 10^{\circ})$  en la dirección a la fibra del prisma.

- 8.1.2. Para las pruebas básicas de retirada en productos con base de madera, el prisma de ensayo tendrá un espesor conveniente no inferior a 3 pulgadas (76 mm) de ancho y 6 pulgadas (152 mm) de largo. Los clavos del tipo descrito en el punto 6.1.1 y las grapas del tipo descrito en 6.2.1 deberán ser conducidos a través del producto de madera en ángulo recto a la cara, lo que permite por lo menos 1/2 pulgada (13 mm) de la parte superior del vástago para mantenerse por encima de la superficie. Los clavos deberán ser conducidos de forma manual por medio de un martillo. Las grapas se inserta con una herramienta adecuada según el apartado 8.1.1, pero si no hay dirección de la fibra perceptible en el producto de madera, la corona de deberá estar orientada a  $45^{\circ} (\pm 10^{\circ})$  a la longitud del prisma.
- 8.1.3. Para determinar la resistencia a la extracción de determinados tamaños y formas de clavos y grapas en madera o productos con base de madera, la muestra deberá ser de un tamaño conveniente para acomodar la cantidad de elementos de sujeción que se analizarán en cada muestra, sin sobrepasar el borde y las distancias necesarias al final y espaciamientos para evitar rajaduras. En la madera, los sujetadores deberán ser conducidos en un 70%, en productos con base de madera como paneles finos el sujetador debe ser impulsado por completo a través del espesor por lo menos 1/2 pulgada (13 mm) medidos de la parte superior del vástago. Los sujetadores deberán ser conducidos por el método destinado a ser utilizado en la práctica, es decir, ya sea

manualmente con un martillo, o con un aplicador o una herramienta adecuada si ese es el caso.

8.1.3.1. Si la resistencia a la extracción se ve influenciada por el material del clavo o grapa, el clavo o grapa se pasa primero a través de un elemento de sujeción (abrazadera).

## 8.2. *Extracción de tornillos*

8.2.1. Para las pruebas básicas de extracción de tornillos en la madera, la muestra será de 2 pulgadas (51 mm) de ancho, 6 pulgadas (152 mm) de largo y con una profundidad de por lo menos igual a la longitud del tornillo. Dos tornillos del tipo descrito en 6.2.1 roscados en ángulo recto a la cara tangencial, a una penetración total equivalente a la longitud de la parte roscada. La distancia entre los bordes de elementos deberá ser suficiente para evitar el fraccionamiento, que en general será por lo menos 3/4in. (19 mm) del borde y 11 / 2 pulgadas (38 mm) del extremo, y el espaciamiento será por lo menos 2 1/2 pulgadas (63 mm). El diámetro del agujero para conducir el tornillo deberá ser de un 70% del diámetro de la del tornillo para maderas blandas y duras, y se insertará 1/2 pulgada (13 mm) en la cara de la muestra. Los tornillos pueden ser recubiertos con parafina u otro lubricante similar cuando sea necesario para facilitar la conducción.

8.2.2. Para las pruebas básicas de retirada con productos con base de madera, la muestra será de 3 pulgadas (76 mm) de ancho y 6 pulgadas (152 mm) de longitud. La profundidad de la muestra deberá ser al menos igual a la longitud del tornillo, y puede ser necesario pegar a dos o más materiales para conseguir la profundidad requerida. Los tornillos del tipo descrito en el punto 6.2.1 se inserta a la muestra una distancia de 2/3 pulgadas. Tornillos con ancho medio de 17 mm, por lo menos a 2 pulgadas



(51 mm) del extremo de la muestra. El tamaño del agujero para conducir el tornillo será de 70% del diámetro del tornillo y se extenderá 1/2 pulgada (13 mm) en la cara de la muestra. Los tornillos pueden ser recubiertos con cera de parafina u otro lubricante similar cuando sea necesario para facilitar la conducción.

8.2.3. Para determinar la resistencia a la extracción de determinados tamaños y tipos de tornillos en la madera o productos de madera, la muestra deberá ser de un tamaño conveniente para acomodar la cantidad de tornillos que se analizarán en cada muestra, sin sobrepasar el borde y las distancias y separaciones finales necesarias para evitar quiebres. Los tornillos se insertará en la muestra en una longitud igual a la parte roscada de la caña, o dos tercios de la longitud del vástago, si se coloca en todas partes. El tamaño del agujero si va a ser perforado deberá ser del 70% del diámetro de la raíz de tornillo a una distancia de la mitad de la longitud del tornillo.

8.2.3.1. Si la resistencia a la extracción se ve influenciada por el material del tornillo, el tornillo se pasa primero a través de un elemento de sujeción.

## 9. ACONDICIONAMIENTO

9.1. Las pruebas de extracción de clavos, grapas y tornillos, se hacen normalmente en el material experimentados. La madera o el producto de madera, ya sea secado en horno o secado al aire, se almacenarán en una habitación con una temperatura controlada de  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$  ( $68\pm 6^{\circ}\text{F}$ ) y una humedad controlada relativa de  $65 \pm 3\%$  durante un período de tiempo suficiente para llevar a la aproximación de equilibrio. Los sujetadores no deberán ser insertados hasta que se alcance el equilibrio en la madera.

- 9.2. Cuando sea necesario, las pruebas de extracción puede hacerse en seco con materiales parcialmente curados ó sin curar. A veces puede ser que desee aplicar los elementos de fijación en la madera sin curar y dejar la muestra con los elementos de sujeción curándose antes de la extracción. Seguir las recomendaciones de 9.1. Sumergir la muestra en el agua produce y mantienen una condición sin secar y da lugar a un contenido de humedad muy elevado, sobre todo en la superficie e indeseables corrosión en los sujetadores cerca de la superficie de madera.

## 10. PROCEDIMIENTO

- 10.1. *Generalidades:* A excepción de circunstancias especiales que exigen la extracción máximo en un periodo de 1h después de insertarlos en la madera.
- 10.2. *Método básico de carga:*
- 10.2.1. Cuando el espécimen se compone de sólo el prisma y los tornillos, los tornillos deberán ser extraídos a través de una fuerza de tracción a una velocidad uniforme. Fije la muestra a una platina de la máquina de prueba. Ajustar el sujetador de cabeza para un diseño de apretón adecuado que se sujeta a la platina a través de una junta universal. Aplicar la carga de tracción de los rodillos de la máquina de prueba a una velocidad uniforme. Lea la carga máxima requerida para retirar el sujetador de la madera o producto de madera con tres cifras significativas. Haga caso omiso para valores de prueba cuando los tornillos fallen antes de su retirada. En tales casos, una duplicación adicional es deseable.

- 10.2.2. Cuando el espécimen consiste de un prisma de fijación con uno o más (abrazaderas) que se fijan respecto a un sujetador, dos procedimientos de prueba son posibles: (a) El miembro sujeto puede captar, empujar o tirar a una distancia desde el prisma de fijación hacia la dirección axial del sujetador. Según este procedimiento, si el miembro sujeto ejerce menos resistencia al paso de la cabeza del sujetador que ejerce el miembro de sujeción a la cabeza del sujetador el elemento puede ingresar nuevamente. En tal caso, la fuerza de la resistencia a través del material sujeto se indicará. (b) El miembro puede ser sujeto por separado y el sujetador retirados como en 10.2.1.
- 10.3. *Métodos especiales de carga:* a veces puede ser necesaria para determinar la resistencia a la extracción con resultado de una fuerza de choque o por cargas repetitivas. En el caso de la primera, esto se puede lograr con aparatos estándar, como los aparatos de mecánica de la US. FPL para sostener y sujetar la pieza retirada. La última prueba puede requerir el uso de una carga cíclica o pulsante cabeza. Los datos de los resultados se basan en el ángulo de desplazamiento del péndulo y las fuerzas resultantes de la creación del mecanismo de carga repetitiva, respectivamente, para retirar el sujetador de la madera o producto de madera. Haga caso omiso de la prueba los valores resultantes de un fallo del tornillo en la evaluación del rendimiento de la madera y materiales de base de madera. En tales casos, una duplicación adicional es aconsejable.
- 10.4. *Velocidad de prueba:*
- 10.4.1. Por el método de extracción para la retirada de sujetadores, aplicar una carga durante toda la prueba a una velocidad uniforme de la separación de 0,10 pulgadas (2,54 mm) por minuto  $\pm 25\%$ .

- 10.4.2. Para los métodos de carga especiales, la tasa especial de retiro no podrá ser requerida. Registre el tipo de cambio utilizado y las razones para su elección en el informe.
- 10.5. *Ensayos suplementarios*: Si la información sobre la retirada efectiva durante la aplicación de carga se desea o puede ser de influencia en la interpretación de la resistencia a la retirada de un elemento de fijación dado, medir y registrar en pulgadas, la cargas de extracción en libras con tres cifras significativas. Bajo determinadas condiciones, puede ser ágiles para obtener una parcela de carga automática de la retirada de extracción en función de la distancia para determinar la rigidez de la articulación y el trabajo que hasta un punto dado de la retirada del elemento de fijación en la construcción.
- 10.6. *Pruebas menores*: Determinar la gravedad específica y contenido de humedad en la madera o productos de madera, tanto durante la conducción y la retirada del elemento de fijación. Procedimientos para determinar estas propiedades se dan en los métodos de prueba D 2016 y D 2395.

## 11. REPORTE

- 11.1. El reporte debe incluir lo siguiente:
- 11.1.1. Falla individuales de cargas en los sujetadores, valores medios de prueba y evaluación estadística de los datos de prueba si se justifica,
  - 11.1.2. Una descripción completa del método de prueba y el procedimiento de carga utilizadas
  - 11.1.3. Una descripción de la muestra, que incluya las dimensiones de la madera o componentes de productos de madera, tamaño del sujetador, y distancias al borde y al final de la muestra.
  - 11.1.4. Numero de pruebas.
  - 11.1.5. El peso específico y contenido de humedad de la madera.

11.1.6. Detalles de cualquier alteración de los métodos obligatorios o recomendados como se indica en la norma, y

11.1.7. Detalles de otros factores no incluidos anteriormente que puedan tener alguna incidencia en los resultados.

## **12. PRECISIÓN Y SESGO**

12.1. La precisión y el sesgo del método de ensayo aún no han sido determinada.

## **PRUEBA DE RESISTENCIA LATERAL EN CLAVOS, GRAPAS Y TORNILLOS**

### **13. ALCANCE**

13.1. Este método de ensayo cubre la determinación a la resistencia al movimiento lateral que ofrece un solo clavo, grapas o tornillos en las piezas de madera. La prueba proporciona datos comparativos de distintas especies de madera. Este método de ensayo, también pueden ser utilizados para la evaluación de otros tipos y tamaños de los fijaciones ya sea en madera o otros materiales de construcción tales como el contrachapado, aglomerado, etc., o combinaciones de materiales. Además, cuando sea necesario para fines específicos, el método general se puede utilizar para evaluar la resistencia lateral de los tamaños de clavos, grapas y tornillos que no sean los especificados, y las articulaciones que emplean dos o más elementos de fijación. Se recomienda que cuando las pruebas son realizadas con el procedimiento previsto cumplirlo lo más cerca posible.

## 14. PRUEBA DE CLAVOS, GRAPAS Y TORNILLOS

14.1. Los clavos utilizados deberá ser cilíndricos de vástago llano, clavos de acero de bajo carbono, nominalmente 0,113 pulgadas (2,87 mm) de diámetro y 2½ pulgadas (63mm) de longitud, con cabeza de 9/32 pulgadas (7.14mm) de diámetro. Los clavos seleccionados para la prueba deberán ser representativos de una muestra. Cada clavo se utilizara una sola vez. El tamaño real y los detalles del clavo seleccionados serán registrados, incluyendo datos sobre las propiedades del metal.

*Nota 4: Un clavo de marca eightpenny cumple comúnmente con este requisito*

14.2. Las grapas que se utilicen deberán ser de 2 pulgadas (51 mm) de largo, 7/16 pulgadas (11,1 mm) de corona, de calibre numero 15 (0,072 pulgadas) (1,83 mm) de acero galvanizado. Las grapas seleccionadas para la prueba deberán ser representativas de una muestra

14.3. Los tornillos utilizados serán de 2½ pulgadas (63 mm), calibre N° 10, de cabeza plana para madera como se describe en la American National Standard y Recessed Head Wood Screws tornillos para madera empotrada (ANSI B18.6.1). Cada tornillo se utiliza sólo una vez. Los tornillos seleccionados para la prueba deberán ser representativos de una muestra

## 15. MUESTREO

15.1. Los ensayos se realizarán con material limpio, representativo con las fibras rectas. Las dos piezas de madera utilizadas para la prueba (abrazadera y prisma) colocados de madera tangencial o radial en la madera. Siempre que sea posible, el muestreo será sobre una base

estadística, y el número de pruebas deberán ser suficientes para permitir un análisis estadístico.

Nota 5: La precisión requerida y por lo tanto la forma de muestreo y el número de pruebas dependerá del objetivo específico de la investigación. No hay criterios generales, por lo tanto, puede ser establecida. Sin embargo, la experiencia ha indicado que al menos cinco ejemplares por cada variable se requieren como mínimo para obtener resultados aceptables en general. Un mayor número de ensayo podría ser aceptable.

## 16. ENSAYO DE LOS ESPECÍMENES

- 16.1. El tamaño de la muestra que recibe el punto del cierre (prisma), será de 2 pulgadas (51 mm) de espesor, 2 pulgadas (51 mm) de ancho y 12 pulgadas (300 mm) de largo. El tamaño de la muestra (abrazadera) a través del cual el clavo es colocado deberá ser de 25/32 pulgadas (20 mm) de espesor, 2 pulgadas (51 mm) de ancho y 12 pulgadas (300 mm) de largo. La dimensión real de cada pieza deberá ser registrada.
- 16.2. El ensayo del espécimen deberá ser ensamblado por la superposición de la abrazadera de 2 pulgadas (51mm) de ancho sobre el prisma a una distancia de 4 pulgadas (100mm) del extremo de la abrazadera formando así una muestra de la prueba con una longitud total de 20 pulgadas (500 mm). El asegurador de la prueba deberá ser colocado en el centro del ancho de la abrazadera y del prisma y a 2 pulgadas (50 mm) del extremo superpuesto de cada uno. El prisma estará orientada de manera que permita la inserción de los sujetadores de prueba en un plano tangencial. Un agujero  $\frac{3}{4}$  pulgada (19 mm) de diámetro deberá ser perforado en el centro del ancho de la pieza y 2 pulgadas (50 mm) de cada extremo de la muestra ensamblada para dar cabida a los aparatos de carga.

- 16.3. Cuando se realiza la prueba con un clavo, la parte superior de la cabeza del clavo deberá ser impulsado al ras con la superficie. El clavo deberá ser conducido perpendicular a la muestra tanto como sea posible.
- 16.4. Al probar una grapa esta se introducen con la herramienta adecuada y a la medida de lo posible perpendicular con superficie de la muestra, con la cima de la grapa con un ángulo de  $45^{\circ} (\pm 10)$  en dirección a la fibra de la madera. Al evaluar los productos de madera, si no se encuentra la dirección de la fibra, la corona estará orientada a un  $45^{\circ} (\pm 10)$  a la longitud del miembro de fijación. Todas las grapas deberán ser conducidos al ras o ligeramente insertado a 1/16 pulgadas (1,6 mm). Las grapas clasificadas no se limpiaran.
- 16.5. Cuando se realiza la prueba con un tornillo, el tornillo será insertado con un destornillador través de los agujeros previamente perforados, el tornillo deberá ser conducido perpendicular a la muestra tanto como sea posible. El agujero de la abrazadera será igual al diámetro del vástago del tornillo en madera dura y en un 90% del diámetro del vástago del tornillo en madera blanda. El agujero del prisma tendrá un diámetro de 90% del diámetro en maderas duras y un 70% del diámetro para maderas blandas y se hincará 1 5/8 pulgadas (41 mm) en la madera. El tornillo debe quedar al ras de la superficie de la abrazadera.

## 17. ACONDICIONAMIENTO

- 17.1. El material deberá estar expuesto, de conformidad con la Sección 9.

## 18. PROCEDIMIENTO

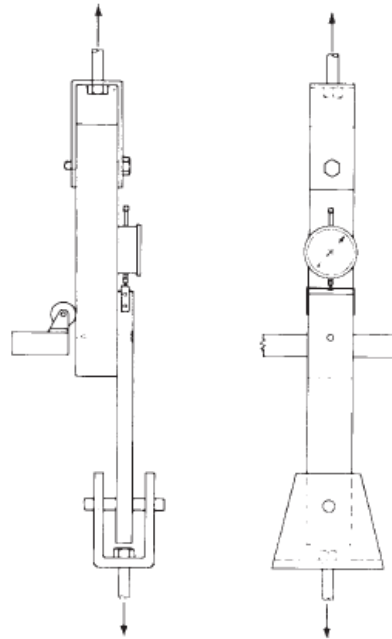
- 18.1. Tan pronto como sea posible después del ensamble, pero en todos los casos en un plazo de 1 h, probar cada muestra mediante la carga de tracción en una máquina de prueba con capacidad adecuada. La figura 2 y la figura 3 muestran un modelo listo para la prueba con los



clavos. Utilice el mismo procedimiento para evaluar la resistencia lateral de grapas y tornillos. Los accesorios finales deben estar dispuestos de tal manera que proporcionen libertad en la alineación. Dado que la carga aplicada en el modelo es excéntrica, utilice un soporte de alineación como el rodamiento de rodillos. La figura. 2 y la figura. 3 ilustran un método para medir el movimiento diferencial entre los dos miembros con carga mediante el uso de un deformímetro. Otros métodos pueden ser utilizados, incluyendo la grabación automática. Mida el movimiento con una aproximación de 0,001 pulgadas (0,025 mm). Obtener los valores de carga en las deformaciones de 0,01, 0,015, 0,05, 0,1, 0,2 y 0,3 pulgadas (0,25, 0,38, 1,27, 2,54, 5,08 y 7,62 mm), y además la carga máxima. Registre la primera caída en la carga.



*Fig. 2: Ensemble para la prueba de resistencia lateral de clavos, grapas o tornillos*



**FIG. 3 Diagrama del ensamble para la prueba de resistencia lateral de clavos, grapas o tornillos**

- 18.2. Velocidad de prueba: aplique la carga de acuerdo al ítem 10.4.
- 18.3. El peso y contenido de humedad: Pesar los dos miembros de madera antes del ensamble y antes de perforar los agujeros, y después de la prueba de corte seleccionar una sección de aproximadamente 1 pulgada (25 mm) de longitud del cuerpo de cada miembro para realizar el contenido de humedad. Determinar la gravedad específica y el contenido de humedad de cada muestra conforme al método D 143.

## 19. REPORTE

- 19.1. El reporte debe tener lo siguiente:
  - 19.1.1. Registre los valores simultáneos de la carga y la deformación de 0,01, 0,015, 0,05, 0,1, 0,2 y 0,3 pulgadas (0,25, 0,38, 1,27, 2,54, 5,08 y 7,62 mm), y además la carga máxima.
  - 19.1.2. Tipo de sujeción ensayada
  - 19.1.3. Dimensiones del espécimen.

- 19.1.4. Especie de madera utilizada.
- 19.1.5. El promedio del contenido de humedad y el peso específico.
- 19.1.6. Cualquier otro detalle especial que puede influir en los resultados, regístrelo.

## **20. PRECISIÓN Y SESGO**

- 20.1. La precisión y el sesgo del método de ensayo aún no han sido determinada.

## **PRUEBAS EMPERNADAS Y CONECTORES EN LA MADERA**

### **21. ALCANCE**

- 21.1. Este método de ensayo proporciona un procedimiento adecuado para evaluar la resistencia y rigidez de las articulaciones de madera sujeta con pernos o con conectores de metal. La prueba sirve de base para el desarrollo de criterios de diseño y para la determinación del efecto de varios factores sobre la fuerza y la eficacia de la articulación.

### **22. RESUMEN DEL MÉTODO DE PRUEBA**

- 22.1. Las muestras compuestas por tres miembros, o las uniones de madera de dos miembros sujetados con pernos o tornillos y conectores de madera son evaluados por su capacidad de resistir fuerzas de compresión o tracción aplicada a un tipo uniforme de deformación con una máquina de prueba adecuada. La deformación de la articulación en varios intervalos de carga es medida.

Propiedades físicas complementarias de los miembros de la madera son también determinadas.

### **23. SIGNIFICADO Y USO**

- 23.1. La articulación puede ser el eslabón más débil de la construcción en madera. Si bien la fuerza de un tornillo o el conector se puede determinar, por un lado y las propiedades de resistencia de un grado y especie de la madera por el otro, sólo por un conjunto de ensayos se puede determinar su rendimiento. Variables tales como espesor del miembro, ancho del miembro, y distancias al final y borde en la madera, el tipo de sujetador y el número de unidades, el espaciado entre las unidades de sujeción, el tratamiento de humedad de la madera, conservantes de la madera, y especies de madera, por mencionar pocos, pueden afectar el comportamiento común. Para poder compilar los criterios precisos de diseño.
- 23.2. Para el perno establecido y tipos de conectores, así como para aquellos en desarrollo, el efecto de estas variables sobre la fuerza conjunta deberá ser conocido. Los ensayos descritos en este documento permitirá obtener datos sobre la resistencia y rigidez de las articulaciones de la madera bajo la influencia de cualquiera o todos los factores antes citados.

### **24. EQUIPO**

- 24.1. Cualquier máquina de prueba que sea capaz de operar a una velocidad constante de movimiento en el cabezal móvil y con una exactitud del  $\pm 1\%$  cuando se calibran de acuerdo con las prácticas E 4.
- 24.2. Bloque de cojinete esférico: para la carga de compresión de los especímenes.

- 24.3. Agarradera: un agarrando capaz de fijar la muestra entre las cabezas móviles de la máquina de ensayo de tal manera que se garantice las cargas axiales, necesarios para la carga de tracción en las muestras.
- 24.4. Medidor de deformación: Al menos dos medidores de línea con una lectura de por lo menos 0,001 pulgadas (0,025 mm) u otros dispositivos adecuados para medir la deformación entre los miembros del conjunto bajo carga.

## 25. MUESTREO

- 25.1. El muestreo debe proveer a la selección de material de prueba representativa, sobre una base objetiva e imparcial. Este principio debe aplicarse también a la selección de tornillos y conectores en cuanto a la madera o materias primas de madera a utilizar. Materiales probados con el fin de conseguir promedios generales fiables y la variación en términos generales la aplicación a la madera y materiales con base de madera deben ser seleccionados al azar por una técnica que permite corregir la densidad y otras propiedades físicas que pueden influir en los resultados del examen
- 25.2. En todo caso, las pruebas deben ser suficientemente amplias para proporcionar resultados fiables. En caso de análisis por métodos estadísticos se contempla, la experiencia y, a veces estimaciones de avance se puede utilizar para determinar el alcance de las pruebas y tipo de muestreo necesarios para lograr la fiabilidad prevista.

*Nota 5: La precisión requerida, y por lo tanto la forma de muestreo y número de pruebas, dependerá de los objetivos específicos. No hay criterios específicos. La experiencia general indica que el coeficiente de variación de las pruebas de los sujetadores esta en rangos de 15 a 30%. Cuando tal es el caso, la precisión de 5 a 10%, con un 95% de confianza (una medida general se aceptan a menudo las pruebas de fiabilidad para madera) no puede lograrse sin hacer un gran número de*

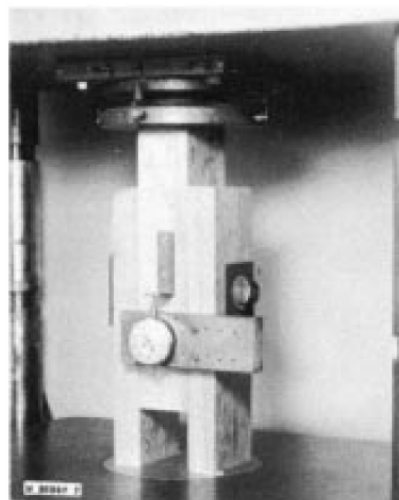
*pruebas. La recomendación actual es hacer de 5 a 10 repeticiones para cada variable como un requisito mínimo. Un mayor número de observaciones puede ser conveniente.*

## **26. ENSAYO DE LAS MUESTRAS**

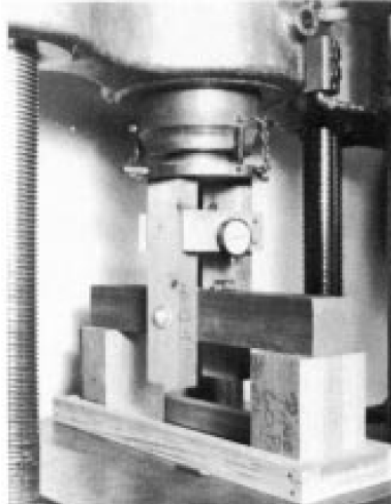
26.1. *Generalidades:* Los miembros de madera serán seleccionados y los sujetadores serán colocados en ellos, de tal manera que los resultados no se vean afectados por los nudos, o características físicas de fabricación a menos que el propósito del ensayo sea para evaluar los efectos de las características del crecimiento de la madera. . Con frecuencia será necesario seleccionar a los miembros que son esencialmente claros y rectos.

26.2. *Juntas que contienen solamente pernos:*

26.2.1. Los ensayos se realizarán en las juntas de tres miembros, como se muestra en la figura 4 y la figura 5, excepto cuando los datos específicos sobre las articulaciones de dos miembros se están buscando. La anchura, la longitud y grosor de las piezas de madera se seleccionarán teniendo en cuenta el borde y la distancia final deseada.



*FIG. 4 Ensamble de pruebas con pernos o conectores paralelo a la fibra en compresión*



*FIG. 4 Ensamble de pruebas con pernos o conectores, perpendiculares a la fibra en compresión*

- 26.2.2. Para todas las articulaciones de la madera, el espesor de cada miembro de las partes debe ser por lo menos la mitad del espesor del elemento central y la anchura y la longitud de todos los miembros deben ser seleccionados en relación con el borde y las distancias finales necesarios para una aplicación específica.
- 26.2.3. Los diámetros de los agujeros deberá estar comprendida entre 1/32 y 1/16 pulgadas (0,8 y 1,6 mm) mayor que el diámetro del perno (Nota 6), los agujeros deberán ser cuidadosamente perpendiculares a la superficie, de modo que la superficie del agujero sea lisa y uniforme para asegurar la buena presencia del perno.

Nota 6: Se sugiere que el exceso de diámetro el agujero sobre el diámetro de los pernos debe ser 1/32 de pulgada (0,8 mm) para pernos de diámetro de 1/2 pulgada (13 mm)

o menos, y 1/16 pulgada (1,6 mm) para pernos de mayor diámetro, a condición de mantener otros diámetros del perno no se especifican.

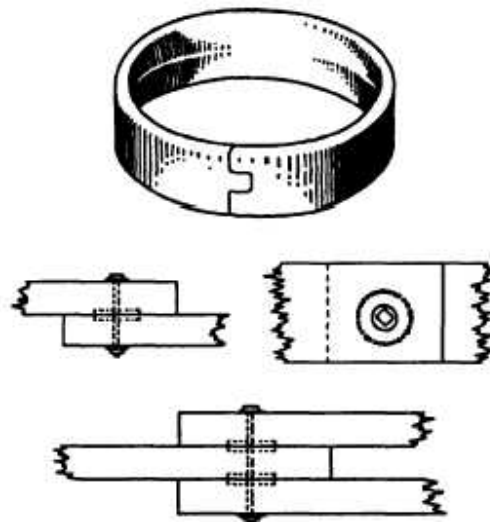
26.2.4. Coloque las arandelas redondas conforme a las consideraciones de la Especificaciones Federales FF-W-92 para arandelas de metal planas (llanas), y en lo sucesivo colocar una arandela estándar entre los miembros laterales de la madera ó el producto a base de madera, la cabeza del perno y la tuerca. En contacto y colindantes las caras de los miembros de la conexión; a continuación girar y volver a apretar la tuerca "con los dedos".

26.3. *Juntas que contienen de conectores de metal:*

26.3.1. Los ensayos se realizarán en las juntas de tres miembros, excepto cuando los datos específicos sobre las articulaciones de dos miembros se están buscando. La anchura, la longitud y grosor de las piezas de madera deben ser seleccionados en relación con el borde y la distancia final deseada y la sección transversal neta que queda después que los conectores metálicos están en su lugar.

*Nota 7: En algunos casos la influencia de las dimensiones de los miembros serán los parámetros en estudio. De lo contrario, el tamaño de la muestra dependerá del tamaño y tipo de conector, las dimensiones específicas no se pueden dar para cubrir todos los casos. Como regla general, en el caso de todas las juntas en la madera, en las articulaciones de tres miembros el espesor **de los miembros de los extremos** debe ser de al menos la mitad del espesor del elemento central. **Como un ejemplo, en el ensayo a la compresión paralelo a la fibra de juntas, conectores con "juntas de anillo partido" de 2 ½" y 4" (63 y 100mm) de diámetro fueron usadas con especímenes de 3 5/8" y 5 ½" (92 y 140mm) de ancho, respectivamente.***





**Juntas de anillo partido**

*El espesor del miembro central para conectores de 2 ½" varió de 2" a 3" (51 a 76mm), y el espesor de los miembros externos de 1 a 1 ½" (25 a 38mm). El espesor de los miembros central y externos para conectores de 4" fueron de 3" y 1 ½", respectivamente. La longitud de los miembros para conectores de 2 ½" eran de 13" (330mm), con los miembros externos superpuestos al miembro central por 8" (200mm). El perno y conectores fueron puestos en el centro de la superposición de los elementos. Para conectores de 4", la longitud de los elementos tanto central como exteriores fueron de 17" (430mm) y superpuestos por 11" (280mm). Para carga a tensión, las dimensiones de los especímenes son más coherentes con las variables investigadas.*

- 26.3.2. Los diámetros para los agujeros de los pernos en la madera deberán estar comprendida entre 1/32 y 1/16 pulgadas (0,8 y 1,6mm) mayor que el diámetro del perno, se pueden utilizar las recomendaciones del fabricante, siempre y cuando las otras medidas no sean investigadas.

26.3.3. Realizar un centrado preciso de agujeros sobre una muestra cuando contiene dos o más unidades de conexión. Una arandela redonda se coloca entre los largueros de madera y la cabeza del perno, y entre los miembros laterales de madera y la tuerca. Adosados los miembros se procederá a apretar la tuerca.

*26.4. Pernos y tipos de juntas:*

26.4.1. Pruebas primarias serán efectuadas en las articulaciones cargado (a) paralelo a la fibra de la madera y (b) perpendicular a la fibra de la madera (b-1) paralelo en el miembro del centro y los otros miembros laterales perpendiculares a la carga (b-2) perpendicular al miembro del centro y los otros miembros laterales paralelos a la carga. Estas pruebas pueden realizarse mediante la aplicación de cargas de compresión o tracción según sea necesario.

26.4.2. Otras pruebas primarias se efectuaran según sea necesario para los fines previstos en 26.4.2.1 y 26.4.2.8. En estas pruebas, un método adecuado de hacer coincidir el material de los miembros correspondientes se usa para prevenir el enmascaramiento de las diferencias en los resultados por razón de las diferencias de peso específico, índice de crecimiento, u otros factores. Otras pruebas adicionales se enumeran a continuación:

26.4.2.1. Para establecer el efecto de área de rodamiento, y longitud y el diámetro ( $L / d$ ) en relación uniones empernadas.

26.4.2.2. Para determinar el efecto del ángulo de la carga en dirección a la fibra de la madera.

26.4.2.3. Para establecer distancias finales mínimas requeridas para cada tamaño y tipo de dispositivo de conexión y el efecto de las variaciones en el final de la distancia.

26.4.2.4. Para determinar los espesores mínimos de madera que se pueden utilizar con cada

dispositivo de conexión, y el efecto de variaciones en el espesor.

26.4.2.5. Para establecer el espaciamiento óptimo entre los pernos conectores múltiples en paralelo ó perpendicular a la fibra y los efectos de la variación en el espaciado

26.4.2.6. Para establecer la distancia mínima al borde y los efectos de las variaciones en distancia al borde

26.4.2.7. Para determinar el efecto del contenido de humedad de la madera, y

26.4.2.8. Para evaluar cualquier otro elemento que pueda afectar el funcionamiento de la articulación.

Nota 8: Las propiedades de los metales empleados en los pernos y los conectores son también factores que afectan a la resistencia de la unión y su comportamiento. Los datos sobre las propiedades de los pernos y los conectores, siempre que sea posible deberán ser incluidos en el informe

26.4.3. Al menos cinco pruebas ó diez de preferencia, se realizarán para evaluar cada una de las variables que deben incluirse. Véase la nota 5 de orientación al respecto.

## 27. ACONDICIONAMIENTO

27.1. Salvo para las pruebas especiales para evaluar el efecto del contenido de humedad de la madera en la fuerza de las articulaciones, los ensayos se harán con madera seca. Las muestras, ya sea secado en horno, secado al aire, o como se haya recibido del fabricante, de preferencia deben ser almacenados antes de la prueba en una habitación con una temperatura controlada de  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$  ( $68 \pm 6^{\circ}\text{F}$ ) y una humedad controlada relativa de  $65 \pm 3\%$  por

un período suficientemente largo como para llevarlos a la aproximación de equilibrio. Para la mayoría de las especies de madera, la exposición a estas condiciones dará lugar a un contenido de humedad de aproximadamente el 12%.

- 27.2. Para las pruebas especiales que incluyan madera más seca, sin secar, o componentes de madera parcialmente curadas, se procurará mantener el contenido de humedad deseado antes y durante la prueba.

## 28. PROCEDIMIENTO

- 28.1. Generalidades: el ensayo de las articulaciones se realizará lo más pronto sea posible en un periodo no mayor a una hora.

- 28.2. Prueba de instalación:

28.2.1. El método de ensayo de una articulación paralela a la fibra durante la carga de compresión se muestra en la figura. 4. Use un bloque de rodamiento esférico en la aplicación de la carga. La medida de la deformación y el deslizamiento se realizará en incrementos sucesivos de carga utilizando medidores de línea con precisión de 0,001 pulgadas (0,025 mm) u otros dispositivos adecuados.

28.2.2. El método consiste en realizar una prueba conjunta perpendicular a la fibra con la carga de compresión como se muestra en la figura. 5. Mantenga una distancia libre entre los apoyos de al menos tres veces la profundidad del travesaño. Prever para la medición de la deformación.

28.2.3. Las articulaciones también se pueden probar en tensión y en muchos casos, esto será igual o más representativos del comportamiento del conjunto. Un diseño adecuado de los extremos de los miembros en la cual la fuerza de tracción se aplica es necesario para asegurar el no fracaso en la prueba del conjunto y no en el dispositivo de agarre. Registre las

deformaciones con una lectura de al menos 0.001 pulgadas (0,025 mm) u otros dispositivos equivalentes son necesarios para la medición de la deformación.

Nota 9: Dado que la carga aplicada en un modelo de dos miembros sería excéntrica, se sugiere un apoyo similar a la alineación del cojinete de rodillos de la figura.3

28.3. Medición de la deformación: Medir la deformación de la articulación desde el inicio de la aplicación de la carga y tomar las lecturas de la deformación a intervalos suficientemente frecuentes para permitir el establecimiento de una curva de carga vs deformación precisa. Observar y registrar el comportamiento general de la articulación bajo carga. Registre fallos durante el ensayo u otro tipo de situaciones no contempladas. En un conector de unión, la carga asociada a la relajación de la carga, se asocia primero comúnmente con la fuerza cortante del núcleo dentro del conector. Continuar la prueba hasta la carga de rotura o cuando se alcance una deformación total de 0,60 pulgadas (15 mm). Registro de la carga máxima.

28.4. Velocidad de prueba: realice el ensayo para alcanzar la carga máxima en unos 10 minutos, pero el máximo alcance de carga en no menos de 5 ni más de 20 min. Una tasa de movimiento de la cabeza móvil de 0,035 pulgadas (0,9 mm) / min  $\pm$ 50% por lo general permiten llegar a la carga máxima en el tiempo prescrito. Registre la velocidad utilizada.

Nota 10: La velocidad de la cabeza deberá ser de funcionamiento mecánico ó hidráulico.

28.5. Pruebas menores

28.5.1. Determinar el peso específico y el contenido de humedad de cada miembro de la madera para cada articulación sometida a prueba. También puede ser deseable en algunos casos para determinar la resistencia a la compresión paralela a la fibra de los miembros de madera. Procedimientos para determinar estas propiedades se dan en los siguientes métodos ASTM:

28.5.1.1. Método de ensayo D2395

28.5.1.2. Método de ensayo D2016

28.5.1.3. Método de ensayo D143 (compresión paralelo a la fibra).

## 29. REPORTE

29.1. El reporte debe incluir los siguiente:

29.1.1. Datos sobre la carga vs deformación

29.1.2. Descripción general del comportamiento de la articulación bajo carga

29.1.3. Descripción de la articulación incluyendo el tipo de material

29.1.4. Dimensiones de lo miembros, incluidas las mediciones del fin del borde, espesor del miembro, dimensiones del agujero para el elemento de sujeción y las dimensiones de la ranura del conector

29.1.5. Detalles del procedimiento de carga

29.1.6. Numero de ensayos

29.1.7. Gravedad especifica y contenido de humedad del miembro de madera en el momento de su fabricación y al momento de la prueba para cada muestra junto con la identificación de la especie de madera

29.1.8. Fuerza de compresión paralela al grano de los miembros de la madera si ha sido determinado, y

29.1.9. Detalle de cualquier no cumplimiento de este método de ensayo que han sido indicados.

### **30. PRECISIÓN Y SESGO**

30.1.1. La precisión y el sesgo del método de ensayo no han sido aún determinadas.

## **ENSAYO DE TENSIÓN PARA JUNTAS DE TIPO PLACA**

### **31. ALCANCE**

31.1. Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la tracción paralela a la fibra y las características de rigidez de las articulaciones simétricas en el que los miembros de madera se conectan por medio de sujetadores conocidos comúnmente como placas de metal. Este método ha sido especialmente diseñado para la determinación de las propiedades de tracción de las articulaciones que conectan la madera con dimensión nominal de 2 pulgadas en cada lado, como los utilizados comúnmente en una armadura de cubierta. Se recomienda que el procedimiento especificado se siga tan de cerca como sea posible y que cualquier desviación producida sea descrita.

### **32. RESUMEN DEL ENSAYO**

32.1. Las muestras con dimensión nominal de 2 pulgadas, conexión de extremo a extremo por dos placas de armadura fija simétricamente, son evaluados por su capacidad para resistir a fuerzas de tensión aplicadas a un tipo uniforme de deformación con una máquina de prueba adecuado. El deslizamiento o deformación de la articulación es medido en varios intervalos de carga y complementariamente a las propiedades físicas de los miembros de madera son determinados.

### **33. SIGNIFICADO Y USO**

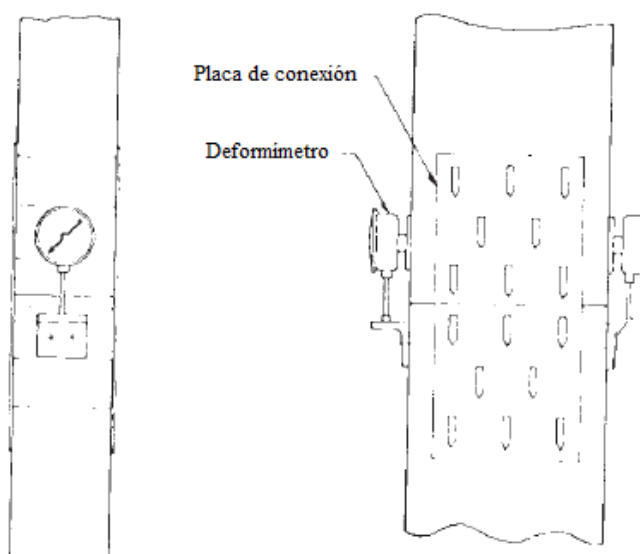
- 33.1. Para propósitos de diseño es necesario conocer la capacidad de carga a la tensión en la articulación en la cadena inferior de un paquete de madera. Los ensayos descritos en este documento han sido especialmente concebidos para la evaluación de este tipo de tensión en una articulación.
- 33.2. Las características de la placa, con su variedad de formas y tamaños, las especies de madera y sus tratamientos en el contenido de humedad, o ambos, afectarán el comportamiento de las articulaciones. La resistencia a la tracción de la articulación se puede evaluar por estos métodos de prueba. Por lo general, se puede esperar que los valores unitarios varíen con el número de dientes por sujetador implicados, y se debe tener la precaución al extender los resultados de las pruebas de una placa de un determinado tipo y tamaño a una de las mismas características pero de diferente tamaño, a menos que se disponga de datos para justificar lo establecido. También hay que reconocer que la sección neta de la placa de metal se convertirá en el factor de la limitación de la capacidad de carga, ciertamente la capacidad de carga se alcanza con la combinación de la madera con los dientes de la placa.

#### **34. EQUIPO**

- 34.1. Máquina de ensayo: Cualquier máquina de prueba que sea capaz de operar a una velocidad constante de movimiento en el cabezal móvil y con una exactitud del  $\pm 1\%$  cuando se calibran de acuerdo con las prácticas E 4.
- 34.2. Elementos de sujeción: Los especímenes para el ensayo serán sujetados por un sistema universal que garantice un movimiento en ambos extremos. El tipo de agarres que se utilice deberá ser capaces de llevar los especímenes al fracaso sin introducir flexión en la articulación.
- 34.3. Instrumentación:



- 34.4. Los instrumentos de medición para medir la deformación en las juntas se dispondrán a fin de medir la deformación de los miembros de madera, previa aplicación de la carga de tensión. El deformímetro deberá poseer una precisión tal que permita trazar una curva de carga vs deformación. En general, esto se puede lograr con deformímetro que tengan una precisión 0.001 pulgadas (0.02 mm). Para tipos de articulaciones más rígidas, puede ser necesario utilizar instrumentos que permiten una lectura de al menos 0.001 pulgadas.
- 34.5. Otros medios adecuados, tales como los métodos fotográficos, pueden ser utilizados siempre que su precisión sea igual o superior al anterior ítem. Un ensamblaje satisfactorio para este tipo de prueba se muestra en la figura. 6.



**Fig. 6: arreglo típico para el ensayo de tensión en una articulación tipo placa**

## 35. MUESTREO

- 35.1. El muestreo debe ser realizado de acuerdo con la sección 7, excepto cuando las pruebas se realicen para establecer la idoneidad de los conectores para su uso con determinadas especies de madera, los

materiales deben representar en lo posible las variaciones que se esperan.

### 36. ENSAYO DE LAS MUESTRAS

- 36.1. El espécimen de la junta se compone de dos placas idénticos colocados simétricamente en la junta de un tamaño nominal de 2 pulgadas a cada lado. Las juntas deberán ser formadas de tal forma que los ejes de cada lado del espécimen queden bien adosadas antes de colocar las placas. El espécimen se formó de la misma manera como se contempla en el ítem “significado y uso” (número y tamaño de las placas, integración misma de los dientes, etc.)
- 36.2. Las longitudes de las piezas de madera unidas, se determinarán de acuerdo con el tipo de aparato de sujeción utilizado. ***En ningún caso el aparato de sujeción afectara a la conexión ni tampoco el aparato al deformímetro.***

### 37. ACONDICIONAMIENTO

- 37.1. Salvo para pruebas especiales, para la determinar del efecto del contenido de humedad en la madera, las pruebas se efectuarán en el material acondicionado de acuerdo con la Sección 9.

***Nota 12: Se recomienda que la distancia entre el extremo de la placa y el aparato de sujeción sea por lo menos de 6 pulgadas (152 mm).***

### 38. PROCEDIMIENTO

- 38.1. Velocidad de ensayo: Realice la prueba para alcanzar la carga máxima en unos 10 minutos, pero nunca en un tiempo inferior 5 ni superior a 20 min. Una tasa de movimiento de la máquina de 0,035 pulgadas (0,9 mm)  $\pm 50\%$  por minuto, por lo general permite llegar a carga máxima, en el tiempo prescrito. Registre la velocidad utilizada.
- 38.2. Medir el deslizamiento de la articulación desde el inicio de la aplicación de la carga, y tomar las lecturas de esta separación de las

juntas con la periodicidad suficiente para permitir la creación de una curva de carga vs deformación exacta basada en los promedios de las lecturas tomadas con los dos deformímetros.

- 38.3. Continuar la prueba hasta la carga máxima hasta obtener una deformación total de 0,60 pulgadas (15,24 mm).
- 38.4. Pruebas menores: Inmediatamente después de la prueba, tomar una muestra de aproximadamente 1 pulgada (25 mm) de espesor a lo largo del grano de cada pieza entre la placa de conexión y el agarre. La muestra se tomará lo más cercano a la placa de conexión como sea posible. A partir de esta pieza determinar el contenido de humedad y el peso específico en conformidad con los métodos de prueba ASTM siguiente:
  - 38.4.1. Método de prueba D2395
  - 38.4.2. Método de prueba D2016

### **39. REPORTE**

- 39.1. El reporte de incluir lo siguiente:
  - 39.1.1. Descripción completa y dimensiones de la junta, incluyendo la distancia del inicio al fin de la madera, placas de conexión, adhesivos, clavos, etc.,
  - 39.1.2. Tasa de deformación en (pulgadas ó mm/min).
  - 39.1.3. El tiempo transcurrido para la prueba.
  - 39.1.4. Carga máxima.
  - 39.1.5. Tipo de falla
  - 39.1.6. Cuadro de carga vs la separación de la junta.
  - 39.1.7. Tamaño del miembro de la madera, especie.
  - 39.1.8. Contenido de humedad en el momento de la fabricación y en el momento del ensayo.
  - 39.1.9. Determinar la gravedad específica de acuerdo al método D2395.
  - 39.1.10. Edad del modelo al momento de la prueba.
  - 39.1.11. Datos de laboratorio.

#### **40. SESGO Y PRECISIÓN**

31.1. La precisión y el sesgo para este método todavía no ha sido determinado.

### **PRUEBA DE SUSPENSIÓN EN VIGAS**

#### **41. ALCANCE Y APLICACIÓN**

- 41.1. Este método de ensayo proporciona un procedimiento para evaluar la capacidad de carga vertical, la capacidad de momento de torsión, y las características de deflexión de suspensiones de la vigueta y dispositivos similares utilizados para conectar las vigas de madera a las cabeceras de madera u otros materiales.
- 41.2. Las pruebas servirán de base para el desarrollo de criterios de diseño para los dispositivos de suspensión de diversos utilizados con vigas de madera, y establecer procedimientos para la evaluación de su desempeño con respecto a los requisitos especiales.

#### **42. RESUMEN DEL MÉTODO**

- 42.1. Capacidad de carga vertical: Las muestras consiste en una viga cuya longitud suspendida por dispositivos de suspensión entre dos apoyo, la viga es sometidos a una carga vertical por una máquina adecuada de prueba, el deslizamiento y la carga vertical de la pieza suspendida se miden y se registran para obtener datos de carga vs deslizamiento.
- 42.2. Capacidad torsional de momento: Las muestras consisten en una viga cuya longitud es suspendida por los dispositivos de suspensión entre dos apoyo la cual es sometida a un momento de torsión de carga producida por una máquina adecuada de prueba, mientras que el movimiento de la viga con respecto a los apoyos son medidos y

registrados para proporcionar datos para el cálculo angular a la rotación y las relaciones de carga vs deslizamiento.

### **43. SIGNIFICADO Y USO**

- 43.1. Artefactos de suspensión u otros similares son usados para transferir las cargas verticales desde la junta hacia el apoyo. Esta es una conexión crítica, cuyo funcionamiento está influenciado por una serie de variables como las propiedades de su propia suspensión, el material del apoyo, el modo de fijación de la viga. Como ocurre con muchos dispositivos de sujeción, un conocimiento de las cualidades de los componentes individuales no es suficiente para indicar el funcionamiento de la conexión ensamblada que consiste la viga en suspensión, los apoyos y la cabecera que funcionan como una unidad.

### **44. EQUIPOS**

- 44.1. Máquina de prueba: Cualquier máquina de prueba que sea capaz de operar a una velocidad constante de movimiento en el cabezal móvil y con una exactitud del  $\pm 1\%$  cuando se calibran de acuerdo con las prácticas E 4.
- 44.2. Deformímetro: Dos deformímetros son necesarios para la prueba de carga vertical y cuatro deformímetros de línea son necesarios para la prueba de torsión con un mínimo de lectura de 0,001 pulgadas (0,02 mm), o un dispositivo adecuado para medir la deformación entre las viguetas y la cabecera bajo carga.

### **45. MUESTREO**

- 45.1. El muestreo se realizará de conformidad con la Sección 7. Excepto cuando las pruebas se realizan para establecer la idoneidad de los dispositivos de suspensión para el uso con grados en particular, las dimensiones y especie de madera.

## 46. ENSAYO DE LAS MUESTRAS

### 46.1. Capacidad de carga vertical:

46.1.1. Una muestra de la prueba para ser evaluada estará compuesta por un conjunto con una viga fijada de conformidad con las recomendaciones del fabricante entre dos cabezas por los dispositivos de suspensión, tal como se muestra en la figura 7.

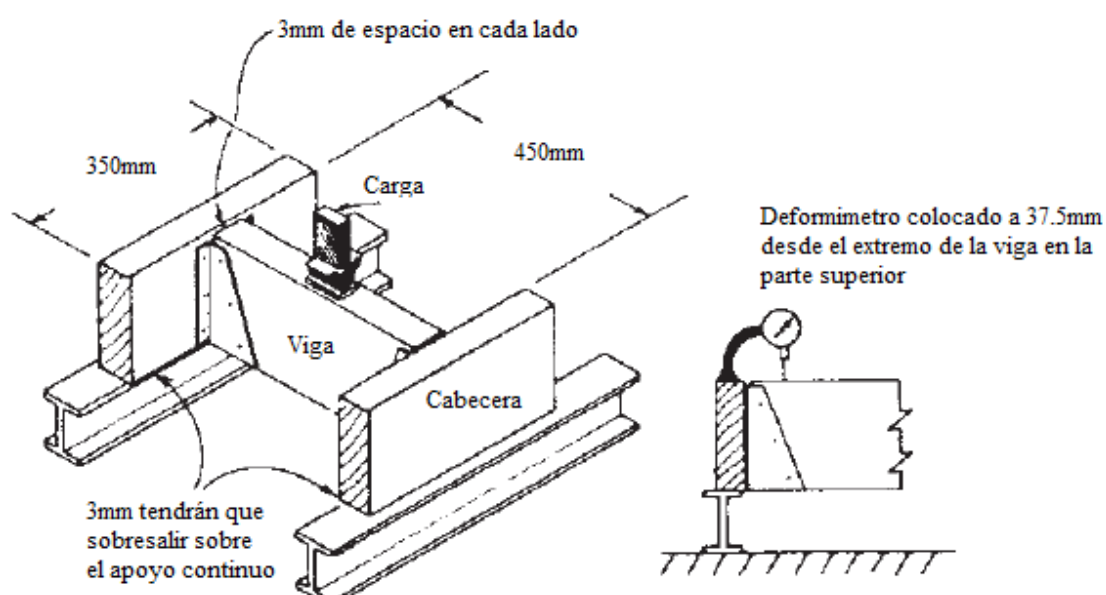


Fig. 7: Ensamblaje para el ensayo de carga vertical

**Nota 13:** sistema de seguridad en la cabecera para evitar la rotación hacia la vigueta debe ser proporcionada.

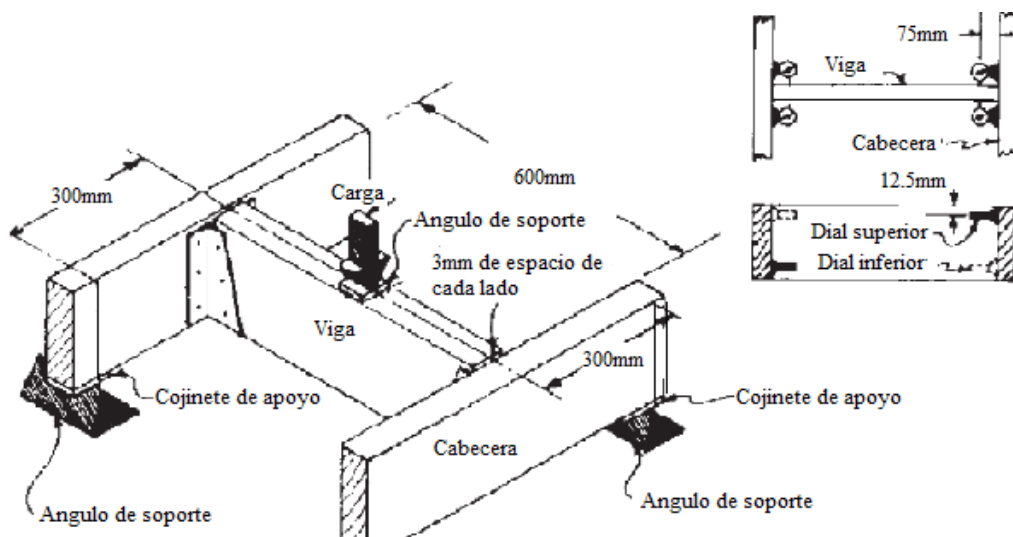
46.1.2. La longitud de la viga será de 10 pulgadas (254 mm) más dos veces el espesor de la viga, siempre y cuando la longitud mínima no será inferior a 18 pulgadas (467 mm). Las cabezeras tendrán una longitud mínima de 14 pulgadas (350 mm). Un espaciamiento de 1/8 pulgada (3 mm) se proporciona entre cada extremo de la

viga y cada lado de la cabecera. Durante la prueba se mantendrá la rotación restringida hacia la cabecera de la viga. Esto se puede lograr mediante el bloqueo entre las cabeceras adyacentes a los extremos en ambos lados de la viga, con el uso de un sólido bloqueo o cualquier otro método adecuado de sujeción que no interfiera en el funcionamiento del dispositivo de suspensión cuando se inicie el ensayo de carga.

46.1.3. Cuando el diseño del dispositivo de suspensión no es adaptable al equipo de ensayo, el ensayo se puede realizar siempre y cuando el conjunto alterado lleve una función idéntica, y siempre que tales desviaciones se informen con detalle.

#### 46.2. Capacidad de momento torsional

46.2.1. Una muestra para ser evaluada estará compuesta por un conjunto, con una viga colocada de conformidad con las recomendaciones del fabricante entre dos cabeceras por los dispositivos de suspensión, tal como se muestra en la figura. 8.



**Fig. 7: Ensamblaje para el ensayo de momento torsional**

46.2.2. Las cabeceras deberán ser lo suficientemente largas para dar cabida a una área de apoyo adecuada para un soporte al filo aplicada a 12 pulgadas (300 mm) desde la línea central de la viga

colgada. La longitud de la viga colgada será de 24 pulgadas (600 mm). Un espaciamiento de 1/8 pulgada (3 mm) se proporciona entre cada extremo de la viga y la cabecera de alado.

- 46.2.3. Cuando el diseño del dispositivo de suspensión no es adaptable al equipo de ensayo, el ensayo se puede realizar siempre y cuando el conjunto alterado lleve una función idéntica, y siempre que tales desviaciones se informen con detalle.

## 47. ACONDICIONAMIENTO

- 47.1. Salvo para las pruebas especiales para determinar el efecto de los cambios de humedad en la viga de madera y el funcionamiento de su apoyo, las pruebas se efectuarán sobre muestras acondicionadas de acuerdo con la Sección 27.

## 48. PROCEDIMIENTO

### 48.1. *Capacidad de carga vertical.*

- 48.1.1. Cuando se inserten en la máquina de ensayo, una muestra tendrá la parte superior de la viga y su cabecera en el mismo plano. Es conveniente establecer un apoyo continuo en cada cabecera, colocados de tal modo que dé lugar a un saliente de 1/8 pulgadas (3mm) en los bordes interiores.
- 48.1.2. El movimiento vertical de la viga con respecto a la cabecera en cada medida debe estar a 1,5 pulgadas (37.5mm) desde el extremo de cada viga en la parte superior por medio de deformímetros antes mencionados. Registro la lectura con una aproximación de 0,001 pulgadas (0,02 mm), en un número suficiente de niveles de carga para permitir la creación de una curva de carga vs deformación basada en los promedios de lecturas simultáneas tomadas con la deformaciones de los dos aparatos de medición



48.1.3. Aplicar la carga en el claro central de la viga a una tasa uniforme del descenso de la cabezal la carga de la máquina de prueba a 0,035 pulgadas ó (0,9 mm)/min  $\pm 50\%$  hasta que se llegue a la carga máxima. La zona de apoyo con la carga aplicada debe ser suficiente sólo para evitar una excesiva compresión en la viga en el punto de aplicación de la carga, pero la longitud de apoyo no debe exceder la mitad de la longitud de la viga, en cualquier caso.

***Nota 13: La velocidad de la cabeza se entenderá como de libre carga ó sin carga, la cabeza de las máquinas de ensayo deben ser del tipo de accionamiento mecánico y la cabeza de velocidad cargada para maquinas de ensayo deben ser del tipo hidráulicas***

48.1.4. Utilice un bloque esférico entre la cabeza y la muestra para igualar la carga en cada uno de los extremos de la viga.

**48.2. Capacidad de momento torsional:**

48.2.1. El apoyo de la muestra de ensayo debe encontrarse simétrica con respecto de la parte inferior de cabecera de la viga por el filo de la cuchilla de soporte localizada a 12 pulgadas (300mm) de la línea central de la viga y la carga aplicada, como se muestra en la figura 8. Ambos puntos de apoyo deberán estar a la misma altura. Aplicar la carga en el claro central de la viga, como se explica en la sección 48.1.3, la zona de apoyo con la carga aplicada debe ser suficiente sólo para evitar que se produzca un aplaste indebido en la viga en el punto de carga, pero en cualquier caso la longitud de apoyo no debe exceder la mitad de la longitud de la viga

# ANEXO 2

- **A2.1** Diseño de columnas
- **A2.2** Diseño de vigas
- **A2.3** Diseño de correas
- **A2.4** Diseño de viga solera

## A2.1 DISEÑO DE COLUMNAS

A continuación se presentan los valores más críticos para el diseño de columnas.

COLUMNAS	COMBINACIÓN	P (Ton)	V2 (Ton)	V3 (Ton)	T (Ton)	M2 (Ton.m)	M3 (ton.m)
C1-1	DCON54 MAX	-0.05	0	0	0	0	0
C1-1	DCON54 MAX	-0.02	0	0	0	0	0
C1-1	DCON54 MIN	0	0	0	0	0	0
C11-1	DCON54 MIN	-2.32	1.48	-0.83	-0.006	-0.135	0.154
C11-1	DCON54 MIN	-2.32	1.48	-0.83	-0.006	-0.258	0.374
C11-1	DCON54 MIN	-2.31	1.48	-0.83	-0.006	-0.033	-0.068
C11-1	DCON54 MAX	-2.23	1.81	1.22	0.013	0.147	0.234
C1-2	DCON54 MIN	-0.04	1.14	0.43	-0.002	0.085	0.49
C1-2	DCON54 MIN	-0.03	1.14	0.43	-0.002	-0.005	0.248
C1-2	DCON54 MIN	-0.02	1.14	0.43	-0.002	-0.118	0.006
C13-1	DCON54 MIN	-2.49	0.06	-0.06	-0.005	0.067	0.038
C13-1	DCON54 MIN	-2.49	0.06	-0.06	-0.005	0.059	0.088
C13-1	DCON54 MIN	-2.48	0.06	-0.06	-0.005	-0.126	-0.118
C15-1	DCON54 MIN	-1.94	-1.56	-0.69	-0.001	-0.17	-0.768
C15-1	DCON54 MIN	-1.93	-1.56	-0.69	-0.001	0.008	-0.366
C15-1	DCON54 MIN	-1.93	-1.56	-0.69	-0.001	-0.071	-0.543
C17-1	DCON54 MIN	-2.44	-0.92	-1.64	-0.019	-0.645	-0.437
C17-1	DCON54 MIN	-2.43	-0.92	-1.64	-0.019	-0.334	-0.335
C17-1	DCON54 MIN	-2.43	-0.92	-1.64	-0.019	-0.481	-0.362
C19-1	DCON54 MIN	-2.73	-1.11	0.29	-0.003	0.117	-0.278
C19-1	DCON54 MIN	-2.72	-1.11	0.29	-0.003	0.059	-0.08
C19-1	DCON54 MIN	-2.71	-1.11	0.29	-0.003	-0.181	-0.012
C21-1	DCON54 MIN	-1.9	-0.69	0.72	-0.007	0.338	-0.257
C21-1	DCON54 MIN	-1.89	-0.69	0.72	-0.007	0.213	-0.169
C21-1	DCON54 MIN	-1.88	-0.69	0.72	-0.007	-0.074	-0.096
C23-1	DCON54 MIN	-3.18	-1.18	1.69	-0.002	0.567	-0.376
C23-1	DCON54 MIN	-3.17	-1.18	1.69	-0.002	0.032	-0.173
C23-1	DCON54 MIN	-3.17	-1.18	1.69	-0.002	0.362	-0.272
C27-1	DCON54 MIN	-2.61	-0.12	1.22	-0.001	0.49	-0.049
C27-1	DCON54 MIN	-2.6	-0.12	1.22	-0.001	0.204	-0.027
C27-1	DCON54 MIN	-2.59	-0.12	1.22	-0.001	-0.203	-0.009
C29-1	DCON54 MIN	-1.97	0.22	0.96	0	0.438	0.085
C29-1	DCON54 MIN	-1.96	0.22	0.96	0	0.238	0.038
C29-1	DCON54 MIN	-1.95	0.22	0.96	0	-0.106	-0.02
C3-1	DCON54 MIN	-1.64	-0.09	-0.08	0.001	-0.059	-0.083
C3-1	DCON54 MIN	-1.59	-0.09	-0.08	0.001	-0.011	-0.002
C3-1	DCON54 MIN	-1.55	-0.09	-0.08	0.001	-0.14	0.056
C3-1	DCON54 MIN	-1.41	-0.12	-0.1	0.007	-0.098	0.078
C3-1	DCON54 MIN	-1.41	-0.12	-0.1	0.007	-0.096	0.078
C3-1	DCON54 MAX	-0.97	-0.06	0.13	0.003	0.12	-0.052
C3-1	DCON54 MAX	-0.92	-0.06	0.13	0.003	0.021	0.014
C3-1	DCON54 MAX	-0.88	-0.06	0.13	0.003	0.099	0.103

C3-1	DCON54 MAX	-0.81	0.45	0.66	0.01	0.148	0.12
C3-1	DCON54 MAX	-0.81	0.45	0.66	0.01	0.148	0.121
C31-1	DCON54 MIN	-2.34	-1.77	-0.75	-0.004	-0.257	-0.616
C31-1	DCON54 MIN	-2.33	-1.77	-0.75	-0.004	-0.123	-0.327
C31-1	DCON54 MIN	-2.32	-1.77	-0.75	-0.004	0.002	-0.165
C3-2	DCON54 MIN	-1.37	-0.1	-0.04	0	-0.028	-0.092
C3-2	DCON54 MIN	-1.34	-0.1	-0.04	0	-0.004	-0.003
C3-2	DCON54 MAX	-0.74	-0.06	0.06	0.002	0.045	0.115
C33-1	DCON54 MIN	-2.08	1.25	-0.78	-0.009	-0.094	0.482
C33-1	DCON54 MIN	-2.08	1.25	-0.78	-0.009	-0.211	0.672
C33-1	DCON54 MIN	-2.07	1.25	-0.78	-0.009	-0.002	0.234
C33-1	DCON54 MAX	-1.86	1.74	1.2	0.006	0.18	0.498
C33-1	DCON54 MAX	-1.85	1.74	1.2	0.006	0.023	0.295
C37-1	DCON54 MIN	-2.39	0.16	-1.47	-0.011	-0.419	0.156
C37-1	DCON54 MIN	-2.38	0.16	-1.47	-0.011	-0.133	0.037
C37-1	DCON54 MIN	-2.38	0.16	-1.47	-0.011	-0.271	0.119
C5-1	DCON54 MIN	-1.46	0	-0.09	-0.002	-0.066	0.007
C5-1	DCON54 MIN	-1.42	0	-0.09	-0.002	-0.016	-0.001
C5-1	DCON54 MIN	-1.37	0	-0.09	-0.002	-0.12	-0.036
C5-1	DCON54 MIN	-1.07	-0.72	0.1	0.003	-0.06	-0.059
C5-1	DCON54 MIN	-1.07	-0.72	0.1	0.003	-0.059	-0.059
C5-2	DCON54 MIN	-2.69	0	-0.14	-0.003	-0.098	0.016
C5-2	DCON54 MIN	-2.69	0	-0.14	-0.003	-0.098	0.016
C5-2	DCON54 MIN	-1.19	0	-0.04	-0.001	-0.006	-0.001
C5-2	DCON54 MIN	-1.15	0	-0.04	-0.001	-0.055	-0.04
C7-1	DCON54 MAX	1.02	0.74	0.05	-0.003	0.045	0.523
C7-1	DCON54 MAX	1.04	0.74	0.05	-0.003	0.041	0.292
C7-1	DCON54 MAX	1.05	0.74	0.05	-0.003	0.044	0.08
C9-1	DCON54 MIN	-1.65	-0.12	-0.1	0	-0.053	-0.081
C9-1	DCON54 MIN	-1.63	-0.12	-0.1	0	-0.019	-0.019
C9-1	DCON54 MIN	-1.6	-0.12	-0.1	0	-0.149	0.042
C9-2	DCON54 MIN	-0.5	-0.2	-0.8	-0.002	-0.206	-0.086
C9-2	DCON54 MIN	-0.49	-0.2	-0.8	-0.002	-0.048	-0.042
C9-2	DCON54 MIN	-0.48	-0.2	-0.8	-0.002	0.101	0

## DISEÑO DE COLUMNAS DE MADERA

Ingrese datos solo en el relleno  

**Va a diseñar en madera verde o seca (V, S):**

v

Se asume un contenido de humedad del 30%

12

[ver tabla](#)

**Datos de SAP, ETABS ó Cualquier otro programa estructural:**

# Elemento=

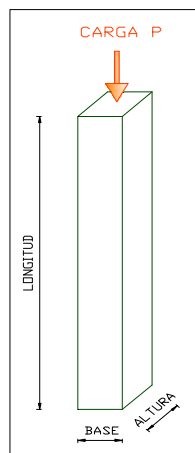
C3-1

Longitud(m)=

1.95

Max Carga axial, P<sub>máx</sub> (T)=

1.64



**Sección transversal de la columna (ingrese código)**

Código 59

Base (cm)= 19

Altura(cm)= 19

Inercia, I<sub>x</sub>(cm<sup>4</sup>)= 10860.08333

Módulo de sección, Z<sub>x</sub>(cm<sup>3</sup>)= 1143.2

Inercia, I<sub>y</sub>(cm<sup>4</sup>)= 10860.1

Módulo de sección, Z<sub>y</sub>(cm<sup>3</sup>)= 1143.2

**adm por grupo estructural 1 o tipo de madera2, (Ingrese 1 o 2)**

Código 1

Grupo (ingrese código A-D) c

Grupo c

f<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 60

f<sub>ci</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 23

f<sub>t</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 150

f<sub>ti</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 7

f<sub>v</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 8

f<sub>m</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 70

E<sub>min</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 65000

E<sub>prom</sub> (kg/cm<sup>2</sup>)= 77000

Tipo de maderas	Código	Grupo estructural	Código
Sande	1	Chanul	A
Seique	2	Guayacán	
Moral fino	3	Caña Guadua	
Pituca	4	Moral fino	B
Eucalipto Glóbulos	5	Caoba	
Eucalipto Grandis	6	Mascarey	C
Mascarey	7	Sande	
Chanul	8	Fernansánchez	
Guayacán	9	Colorado	
Colorado	10	Eucalipto Glóbulos	D
Caoba	11	Seique	
Fernansánchez	12	Pituca	
Caña Guadua	13	Eucalipto Grandis	

**Condición de apoyo, (Ingrese 1 o 5)**

Código=

1

F. long. Efectiva k=

1

[VER TABLA](#)

Long. efectiva. Lef(m)=

1.95

**Código Condición de apoyo**

- 1 Articulado-articulado
- 2 Empotrado-rodillo
- 3 Empotrado-articulado
- 4 Empotrado-libre
- 5 Articulado-libre

## ANÁLISIS

Tipo de columna:

$$\text{Relación de esbeltez: } C_K = 0.7025 \sqrt{\frac{E_{min}}{f_c}} = 23.12$$

Tipo columna

corta	$\lambda < 10$
Intermedia	$10 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 50$

Esbeltez:

$$\lambda_x = \frac{Lef}{h} = 10.26$$

$$\lambda_y = \frac{Lef}{b} = 10.26$$

Tipo de columna: Intermedia

**Máxima carga axial,  $N_{m\acute{a}x}$  (kg):**

Depende del tipo de columna:

Corta  $N_{adm} = f_c * A$  21660.0

Intermedia  $N_{adm} \cong f_c * A * \left[ 1 - \frac{1}{3} * \left( \frac{\lambda}{Ck} \right)^4 \right]$  21379.7

Larga  $N_{adm} = 0.329 * \left( \frac{E * A}{\lambda^2} \right)$  73291.6

$N_{m\acute{a}x}$  (kg)= **1640.00**

$N_{adm}$  (kg)= **21379.75**

La columna resiste la carga  $N_{m\acute{a}x}$  : Si

[MENÚ](#)

## A2.2DISEÑO DE VIGAS

A continuación se presentan los valores más críticos para el diseño de vigas.

VIGAS MADERA	COMBINACIÓN	P (Ton)	V2 (Ton)	V3 (Ton)	T (Ton)	M2 (Ton.m)	M3 (ton.m)
B1941	DCON54 MIN	-1.31	-0.09	-0.02	-0.009	0.01	-0.094
B1941	DCON54 MIN	-1.6	0.01	-0.01	-0.001	0.003	-0.02
B1941	DCON54 MAX	0.06	0.13	0.03	0.007	-0.023	-0.041
B1942	DCON54 MIN	0.37	-0.8	-0.27	-0.016	-0.098	-0.396
B1942	DCON54 MIN	-0.12	0.05	0.01	-0.002	0.018	0.089
B1942	DCON54 MAX	0.34	0.23	0.04	0.005	-0.009	-0.095
B1943	DCON54 MIN	-1.43	-0.21	-0.04	0.012	0.007	0.013
B1943	DCON54 MAX	-0.39	-0.03	-0.01	0.001	0.005	-0.011
B1943	DCON54 MAX	-0.46	0.05	0.01	-0.007	0.001	-0.018
B1944	DCON54 MIN	-0.92	0.01	-0.02	-0.004	-0.026	0.045
B1944	DCON54 MIN	-0.92	0.06	-0.02	-0.004	-0.005	-0.014
B1944	DCON54 MAX	0.01	0.15	0	-0.001	0.029	-0.061
B1945	DCON54 MIN	-0.86	0.03	0.01	0.002	0.022	0.079
B1945	DCON54 MAX	0.1	0.14	0.03	0.006	0.005	0.016
B1945	DCON54 MAX	0.1	0.16	0.03	0.006	-0.004	-0.051
B1946	DCON54 MIN	-0.23	-0.15	-0.02	-0.003	-0.018	-0.111
B1946	DCON54 MIN	-0.23	-0.04	-0.02	-0.003	0.003	0.039
B1946	DCON54 MAX	1.28	0.5	0.48	0.015	-0.047	-0.101
B1947	DCON54 MIN	0.51	-0.07	0	0.004	0.005	-0.107
B1947	DCON54 MIN	0.72	-0.07	0.02	-0.002	0.013	-0.038
B1947	DCON54 MAX	1.17	0.04	-0.02	-0.001	0.026	-0.05
B1948	DCON54 MIN	-1.91	-0.7	0.02	0.009	0.007	-0.057
B1948	DCON54 MIN	-1.91	-0.69	0.02	0.009	0.002	0.099
B1948	DCON54 MAX	-1.5	-0.54	0.08	0.009	0.025	0.132
B1948	DCON54 MAX	-1.5	-0.53	0.08	0.009	0.009	0.253
B1948	DCON54 MIN	-1.76	-0.48	0.01	0.008	0.003	0.099
B1948	DCON54 MIN	-1.76	-0.45	0.01	0.008	-0.002	0.294
B1948	DCON54 MAX	-1.26	-0.32	0.04	0.009	0.017	0.253
B1948	DCON54 MAX	-1.26	-0.29	0.04	0.009	0.001	0.382
B1948	DCON54 MIN	-1.74	-0.19	0	0.004	-0.004	0.294
B1948	DCON54 MIN	-1.74	-0.19	0	0.004	-0.004	0.31
B1948	DCON54 MIN	-1.74	-0.19	0	0.004	-0.002	0.31
B1948	DCON54 MIN	-1.74	-0.16	0	0.004	-0.006	0.366
B1948	DCON54 MAX	-1.15	-0.03	0	0.004	0.008	0.382
B1948	DCON54 MAX	-1.15	-0.03	0	0.004	0.008	0.384
B1948	DCON54 MAX	-1.15	-0.03	0.01	0.004	-0.002	0.384
B1948	DCON54 MAX	-1.15	0	0.01	0.004	-0.001	0.389
B1948	DCON54 MIN	-1.79	0.11	-0.01	0	-0.004	0.366
B1948	DCON54 MIN	-1.79	0.14	-0.01	0	-0.007	0.272
B1948	DCON54 MAX	-1.1	0.26	0.02	0.001	0.001	0.389
B1948	DCON54 MAX	-1.1	0.29	0.02	0.001	-0.001	0.316
B1948	DCON54 MIN	-1.87	0.4	-0.01	-0.003	-0.006	0.272



B1948	DCON54 MIN	-1.87	0.43	-0.01	-0.003	-0.006	0.033
B1948	DCON54 MAX	-1.08	0.56	0.01	-0.002	0	0.316
B1948	DCON54 MAX	-1.08	0.59	0.01	-0.002	-0.001	0.142
B1948	DCON54 MIN	-1.93	0.7	-0.03	-0.006	-0.009	0.033
B1948	DCON54 MIN	-1.93	0.73	-0.03	-0.006	0	-0.331
B1948	DCON54 MAX	-1.06	0.86	0	-0.006	0	0.142
B1948	DCON54 MAX	-1.06	0.89	0	-0.006	0.004	-0.155
B1948	DCON54 MIN	-1.93	0.95	-0.07	-0.011	-0.007	-0.331
B1948	DCON54 MIN	-1.93	0.97	-0.07	-0.011	0.004	-0.662
B1948	DCON54 MAX	-0.99	1.11	-0.02	-0.011	0.007	-0.155
B1948	DCON54 MAX	-0.99	1.13	-0.02	-0.011	0.021	-0.438
B1949	DCON54 MIN	-1.93	-0.88	0.02	0.051	0.036	-0.431
B1949	DCON54 MIN	-1.65	-0.17	0	-0.002	-0.019	0.252
B1949	DCON54 MAX	-0.45	0.52	-0.08	-0.061	0.044	0.071
B1950	DCON54 MIN	-1.49	-0.78	-0.06	-0.047	-0.011	-0.389
B1950	DCON54 MIN	-1.26	0.05	0	0.011	0.003	0.218
B1950	DCON54 MAX	-0.46	0.51	0.19	0.038	-0.017	-0.008
D2442	DCON54 MIN	-1.72	0.46	-0.77	-0.007	-0.132	0.627
D2442	DCON54 MAX	-1.58	0.94	0.73	0.003	0.185	0.609
D2442	DCON54 MAX	-1.58	0.94	0.73	0.003	0.092	0.494
D2443	DCON54 MIN	-1.9	1.04	0.36	0	0.138	0.492
D2443	DCON54 MIN	-1.89	1.04	0.36	0	0.067	0.275
D2443	DCON54 MAX	-1.51	1.88	1.19	0.004	-0.004	0.087
D2444	DCON54 MIN	-1.59	-1.84	-0.33	-0.001	-0.131	-0.551
D2444	DCON54 MAX	-1.38	-1.24	-0.12	0.004	-0.026	-0.188
D2444	DCON54 MAX	-1.37	-1.24	-0.12	0.004	-0.001	0.15
D2445	DCON54 MIN	0.21	-0.14	0.31	-0.003	0.237	-0.085
D2445	DCON54 MAX	0.42	0.17	0.36	-0.001	0.074	-0.005
D2445	DCON54 MAX	0.45	0.17	0.36	-0.001	-0.103	0.073
D2446	DCON54 MIN	0.26	-0.4	-0.32	-0.002	-0.211	-0.151
D2446	DCON54 MAX	0.57	-0.14	-0.18	0	-0.031	0.074
D2446	DCON54 MAX	0.59	-0.14	-0.18	0	0.145	0.288
D2447	DCON54 MIN	-0.54	-0.05	0	0	0.004	-0.562
D2447	DCON54 MAX	-0.14	-0.05	0	0.003	0.004	0.026
D2447	DCON54 MAX	-0.06	-0.01	0	0.001	0.004	0.258
D2448	DCON54 MIN	-0.03	0	0	0.012	-0.02	-0.274
D2448	DCON54 MAX	0.07	0	0	0.002	0.008	0.012
D2448	DCON54 MAX	0.88	0.38	0.02	0.007	-0.007	-0.336
D2449	DCON54 MIN	-2.79	-0.56	0.05	-0.009	0.001	-0.406
D2449	DCON54 MAX	-1.68	-0.14	-0.02	0.001	0.004	-0.048
D2449	DCON54 MAX	-1.51	0	0	0.004	0.008	0.09
D2450	DCON54 MIN	-1.41	-0.06	-0.01	-0.001	-0.007	-0.022
D2450	DCON54 MIN	-1.39	-0.03	-0.01	-0.001	0	0.02
D2450	DCON54 MAX	0.28	0.08	0	0	0.015	0.03
D2451	DCON54 MIN	-0.87	-0.21	0.02	0	0	-0.103
D2451	DCON54 MIN	-0.22	0	0	-0.014	-0.001	-0.22
D2451	DCON54 MIN	-0.59	0	0	-0.004	-0.007	-0.028
D2452	DCON54 MAX	0.28	-0.04	0	-0.002	0	-0.376
D2452	DCON54 MAX	-0.03	-0.03	0	-0.003	-0.001	0.093

D2452	DCON54 MIN	-0.97	0	0	-0.001	-0.005	0.16
D2453	DCON54 MIN	-1.92	-0.28	-0.05	0.004	-0.001	0.188
D2453	DCON54 MAX	2	0.19	0	0.014	-0.003	-0.08
D2453	DCON54 MIN	0.33	0.2	0.01	0.008	0.018	-0.047
D2454	DCON54 MAX	1.37	-0.17	0.03	0.004	-0.001	0.113
D2454	DCON54 MIN	-1.19	-0.1	-0.09	0.004	-0.042	0.094
D2454	DCON54 MAX	1.67	-0.01	0	0	-0.02	-0.264
D2455	DCON54 MIN	-1.3	-0.06	-0.01	-0.001	-0.016	0.025
D2455	DCON54 MAX	0.37	0.02	0	0	0	0.072
D2455	DCON54 MAX	0.39	0.05	0	0	0.005	0.075
D2456	DCON54 MIN	-4.03	-1.38	-0.53	-0.002	-0.045	-0.165
D2456	DCON54 MIN	-3.09	-0.09	0.02	-0.001	0	-0.075
D2456	DCON54 MIN	-2.92	0	0	-0.005	0.001	0.009
D2456	DCON54 MIN	-1.27	0.45	0.02	-0.001	0.004	-0.064
D2457	DCON54 MIN	-2.55	-0.2	-0.02	0.086	0.009	-0.091
D2457	DCON54 MIN	-2.72	-0.05	0	-0.061	0.001	0.009
D2457	DCON54 MIN	-2.82	-0.01	0	0.003	-0.019	-0.041
D2458	DCON54 MIN	-0.04	-0.29	0	-0.013	-0.009	-0.012
D2458	DCON54 MAX	0.16	-0.02	0.05	0.003	0.01	-0.015
D2458	DCON54 MAX	0.14	0.13	-0.01	0.002	0.016	-0.009
D2459	DCON54 MIN	-1.93	-0.17	-0.12	0.144	-0.021	0.01
D2459	DCON54 MIN	-1.86	0	0	0	-0.002	-0.076
D2459	DCON54 MIN	-2	0.02	-0.01	-0.047	0	0.009
D2460	DCON54 MIN	-0.28	-0.06	0	-0.017	-0.057	-0.191
D2460	DCON54 MAX	-0.16	-0.06	0	0.009	-0.001	-0.023
D2460	DCON54 MAX	-0.14	0	0	-0.005	0.056	0.062
D2461	DCON54 MIN	-1.5	-0.01	0	-0.003	0.002	-0.003
D2461	DCON54 MAX	-0.54	0	0	-0.002	0.01	0.019
D2461	DCON54 MIN	-1.48	0.09	0	-0.003	-0.003	-0.109
D2461	DCON54 MAX	-0.53	0.09	0	-0.002	0	-0.098
D2462	DCON54 MIN	-3.19	-0.12	-0.02	-0.005	-0.023	-0.05
D2462	DCON54 MAX	-1.64	0.12	0.03	0.003	0.05	0.246
D2462	DCON54 MAX	-1.62	0.23	0.03	0.003	-0.026	-0.221
D2463	DCON54 MIN	-0.21	-0.16	0.01	0.002	-0.013	0.109
D2463	DCON54 MAX	0.35	0.01	0.03	0.006	0.027	0.046
D2463	DCON54 MIN	0.07	0.02	-0.02	-0.008	-0.045	0.131
D2463	DCON54 MIN	0.06	0.12	-0.02	-0.008	0.002	-0.053
D2463	DCON54 MAX	0.42	0.12	-0.01	-0.006	0.018	-0.024
D2464	DCON54 MAX	0.32	-0.13	0.01	0.001	0.009	-0.037
D2464	DCON54 MAX	-0.33	0.02	0.02	-0.002	0.029	0.019
D2465	DCON54 MIN	-1.91	-0.39	0	0.001	-0.002	-0.688
D2465	DCON54 MAX	-0.96	-0.19	0	-0.002	0.001	-0.254
D2465	DCON54 MAX	-0.93	-0.09	0	0	0.002	0.09
D2466	DCON54 MAX	-0.24	-0.29	0	-0.001	0.009	-0.146
D2466	DCON54 MAX	-0.11	-0.17	0	0.007	0.017	0.268
D2466	DCON54 MIN	-0.33	0.86	0	0.002	-0.011	0
D2467	DCON54 MIN	-0.44	-0.37	0	-0.004	-0.005	-0.109
D2467	DCON54 MAX	-0.1	-0.21	0	0.006	0.006	0.327
D2467	DCON54 MAX	0.06	0.84	0	-0.005	0.014	0.003

D2468	DCON54 MIN	-0.16	-0.29	-0.01	0.002	-0.011	-0.355
D2468	DCON54 MAX	0.31	-0.22	0	0.002	0.001	-0.136
D2468	DCON54 MIN	0.09	-0.13	0	-0.002	-0.004	0.07
D2469	DCON54 MIN	-1.38	-0.13	-0.01	-0.002	-0.003	0.038
D2469	DCON54 MAX	0.39	-0.01	0	-0.003	0.022	-0.05
D2469	DCON54 MAX	0.52	0	0	0.002	-0.003	0.263
D2470	DCON54 MIN	-0.22	-0.03	-0.01	-0.006	-0.069	-0.001
D2470	DCON54 MIN	-0.17	-0.03	-0.01	-0.005	-0.005	0.022
D2470	DCON54 MAX	0.18	0.09	0.02	0.007	0.059	0.042
D2471	DCON54 MIN	-2.74	-0.02	0	-0.12	0.004	0.002
D2471	DCON54 MIN	-2.95	-0.02	0.01	0.002	0.002	-0.002
D2471	DCON54 MAX	0.45	0.02	0	0.002	0	-0.017
D2472	DCON54 MIN	-0.24	-0.05	0	0.011	-0.08	-0.005
D2472	DCON54 MAX	-0.13	-0.02	0	-0.004	-0.001	0.018
D2472	DCON54 MIN	-0.26	-0.01	0	0.003	0.028	-0.149
D2473	DCON54 MIN	-1.43	-0.11	0	-0.003	-0.007	-0.196
D2473	DCON54 MAX	0.51	-0.1	0	0.001	0.002	0.124
D2473	DCON54 MAX	0.56	0	0	0.071	0.008	0.373
D2474	DCON54 MIN	-0.14	0.01	-0.02	0.004	-0.008	0.064
D2474	DCON54 MAX	0.18	0.09	0	0.004	0	0.071
D2474	DCON54 MAX	0.22	0.11	0	0.002	-0.005	0.03
D2475	DCON54 MIN	-3.16	-0.44	0.21	-0.412	-0.01	-0.092
D2475	DCON54 MAX	-1.93	-0.03	0.11	0.077	-0.008	0.01
D2475	DCON54 MAX	-1.77	0.01	0.01	0.029	0.011	0.086
D2476	DCON54 MAX	0.12	-0.18	-0.04	-0.004	-0.011	-0.095
D2476	DCON54 MAX	0.15	-0.17	-0.04	-0.002	0.011	0.034
D2476	DCON54 MIN	-0.03	0.12	0.03	0.001	-0.026	-0.272
D2477	DCON54 MIN	-0.4	-0.64	0	-0.003	0.002	-0.325
D2477	DCON54 MIN	-0.31	-0.59	0	0	0.003	0.027
D2477	DCON54 MIN	-0.1	0.83	0	0	-0.012	-0.003
D2479	DCON54 MIN	-1.83	-0.12	0	0	-0.006	-0.116
D2479	DCON54 MAX	-1.56	0.03	0	0	0.019	-0.001
D2479	DCON54 MIN	-1.42	0.05	-0.02	-0.007	-0.033	-0.059
D2480	DCON54 MIN	-2.31	0.24	0.01	-0.024	0.017	0.232
D2480	DCON54 MAX	-1.41	0.5	0.02	0.001	-0.022	-0.185
D2480	DCON54 MAX	-1.43	0.52	0.02	0.008	-0.011	-0.076
D2481	DCON54 MIN	-2.46	0.08	-0.03	0	0.011	-0.554
D2481	DCON54 MAX	-1.32	0.52	-0.01	0.002	0	-0.033
D2481	DCON54 MAX	-1.02	0.91	-0.04	-0.002	-0.021	0.89
D2489	DCON54 MAX	-0.17	-0.18	0	-0.007	0.002	-0.1
D2489	DCON54 MAX	-0.15	0.06	0	0.013	-0.004	0.021
D2489	DCON54 MIN	-0.85	0.24	0	-0.009	0.007	-0.065

## DISEÑO DE VIGAS DE MADERA

Ingrese datos solo en el relleno

**Va a diseñar en madera verde o seca (V, S):**

v

Se asume un contenido de humedad del 30%

20

[ver tabla](#)

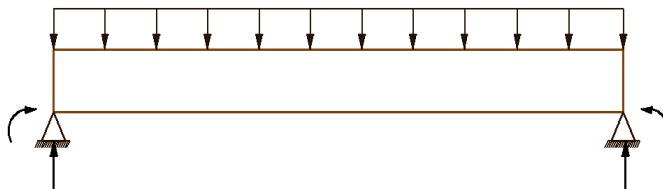
**Tipo de viga (ok):**

Apoyada-apoyada

OK

Apoyada-libre (volado)

0.8692 T/m



0.662 T.m

0.662

1.13 T

1.13 T

**Datos de SAP, ETABS ó Cualquier otro programa estructural:**

# Elemento=

B1948

Longitud(m)=

2.6

Max Cortant,  $V_{\max}$  (T)=

1.13

Max Momento,  $M_{\max}$  (T.m)=

0.662

Carga Distribuida(T/m)=

0.87

**Sección transversal de la viga (ingrese código)**

Código

59

Base (cm)=

19

Altura(cm)=

19

Inercia(cm<sup>4</sup>)=

10860.08333

Módulo de sección,  $Z$ (cm<sup>3</sup>)=

1143.2

**σadm por grupo estructural 1 o tipo de madera 2, (Ingrese 1 o 2)**

Código	1
Grupo (ingrese código A-D)	C
Grupo	C
fc (kg/cm²)=	60
fc1 (kg/cm²)=	23
ft (kg/cm²)=	150
ft1 (kg/cm²)=	7
fv (kg/cm²)=	8
fm (kg/cm²)=	70
Emin (kg/cm²)=	65000
Eprom (kg/cm²)=	77000

Tipo de maderas	Código	Grupo estructural	Código
Sande	1	Chanul	A
Seique	2	Guayacán	
Moral fino	3	Caña Guadua	
Pituca	4	Moral fino	B
Eucalipto Glóbulos	5	Caoba	
Eucalipto Grandis	6	Mascarey	
Mascarey	7	Sande	C
Chanul	8	Fernansánchez	
Guayacán	9	Colorado	
Colorado	10	Eucalipto Glóbulos	
Caoba	11	Seique	D
Fernansánchez	12	Pituca	
Caña Guadua	13	Eucalipto Grandis	

## ANÁLISIS

**Deflexión producida:**

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{5wL^4}{384E_{\text{min}}I} (cm) = 0.62$$

**Deflexión admisible:**

$$\Delta_{\text{adm}} = \frac{L}{250} (cm) = 1.04$$

Pasa deflexiones: SI

**Momento de inercia mínimo para deflexiones:**

k = 250 No existe cielo raso

$$I_{\text{min}} > \frac{5wL^3K}{384E_{\text{min}}} (cm^4) = 6458.7$$

Inercia suficiente: SI

**Momento de sección necesario por resistencia:**

$$Z_{min} > \frac{M}{f_m} (cm^3) = 945.7142857$$

Z suficiente: SI

**Verificación de esfuerzo cortante:**


$$V_h = V_{m\acute{a}x} - w_h (kg) = 964.85$$

$$\tau = \frac{1.5V_h}{bh} (kg/cm^2) = 4.01$$

$f_v$  es mayor que  $\tau$ : SI

**Verificación de estabilidad lateral:**

$$\frac{h}{b} = 1$$

Tipo de restricción: **No necesita apoyo lateral**  [ver tabla](#)

Resumen de resultados										
$b(cm)$	$h(cm)$	$\Delta_{m\acute{a}x}$	$\Delta_{adm}$	$l$	$l_{min}$	$Z$	$Z_{min}$	$\tau$	$f_v$	$b/h$
19	19	0.62	1	10860	6459	1143	946	4	8	1

[MENÚ](#)

### A2.3 DISEÑO DE CORREAS.

A continuación se presentan los valores más críticos para el diseño de correas.

CORREAS	COMBINACIÓN	P (Ton)	V2 (Ton)	V3 (Ton)	T (Ton)	M2 (Ton.m)	M3 (ton.m)
B1951	DCON54 MAX	-0.11	0.08	0	0	0.004	0.012
B1951	DCON54 MIN	-0.53	-0.03	0	0	-0.001	0.038
B1951	DCON54 MIN	-0.53	-0.12	0	0	-0.005	-0.134
B1952	DCON54 MIN	-0.1	0.03	0	-0.001	-0.006	-0.054
B1952	DCON54 MIN	-0.37	-0.01	0	0	0.001	0.012
B1952	DCON54 MIN	-0.06	-0.02	0	0	-0.002	-0.038
B1953	DCON54 MIN	-0.3	0.02	0	0	0.001	-0.027
B1953	DCON54 MAX	-0.25	0.01	0	0	0.001	0.005
B1953	DCON54 MIN	-0.3	-0.02	0	0	0	-0.025
B1954	DCON54 MIN	-1.02	0	0	0	0.001	0.006
B1954	DCON54 MIN	-1.02	-0.01	0	0	-0.001	0.001
B1954	DCON54 MIN	-1.02	-0.02	0	0	-0.005	-0.01
B1955	DCON54 MAX	0.2	0.01	0	0	0	-0.003
B1955	DCON54 MIN	0.08	0	0	0	-0.001	0
B1955	DCON54 MAX	0.26	-0.01	0	0	0.001	-0.002
B1956	DCON54 MAX	-0.55	0.02	0	0	-0.001	-0.004
B1956	DCON54 MAX	-0.55	0.01	0	0	0	0.001
B1956	DCON54 MIN	-0.91	0	0	0	0.001	0
B1957	DCON54 MIN	-0.22	0.02	0	0	0	-0.022
B1957	DCON54 MIN	-0.22	0	0	0	0	0.006
B1957	DCON54 MIN	-0.22	-0.02	0	0	0	-0.024
B1958	DCON54 MAX	0.11	0.02	0	0	0.001	-0.019
B1958	DCON54 MIN	0.03	0	0	0	0	0.005
B1958	DCON54 MAX	0.11	0	0	0	0	0.005
B1958	DCON54 MAX	0.11	-0.02	0	0	0	-0.018
B1959	DCON54 MAX	0.41	0.02	0	0	0	-0.013
B1959	DCON54 MAX	0.41	0	0	0	0	0.004
B1959	DCON54 MAX	0.41	-0.01	0	0	0	-0.012
B1960	DCON54 MAX	0.61	0.01	0	0	0	-0.008
B1960	DCON54 MAX	0.61	0	0	0	0	0.004
B1960	DCON54 MAX	0.61	-0.01	0	0	0	-0.007
B1961	DCON54 MAX	0.61	0.01	0	0	0	-0.004
B1961	DCON54 MAX	0.61	0	0	0	0	0.003
B1961	DCON54 MIN	0.42	-0.01	0	0	0	-0.004
B1962	DCON54 MAX	0.54	0.01	0	0	0	-0.001
B1962	DCON54 MAX	0.54	0	0	0	0	0.003
B1962	DCON54 MAX	0.54	-0.01	0	0	0	0
B1963	DCON54 MAX	0.39	0.01	0	0	0	0
B1963	DCON54 MIN	0.29	0	0	0	0	0.002
B1963	DCON54 MAX	0.39	0	0	0	0	0.002
B1964	DCON54 MAX	0.16	0.01	0	0	0	0.002
B1964	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0	0.004
B1964	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0	0.003
B1965	DCON54 MAX	0.19	0.02	0	0	0	-0.015

B1965	DCON54 MAX	0.19	0	0	0	0	0.006
B1965	DCON54 MAX	0.19	-0.02	0	0	0.001	-0.015
B1966	DCON54 MAX	0.48	0.01	0	0	0	-0.01
B1966	DCON54 MAX	0.48	0	0	0	0	0.004
B1966	DCON54 MAX	0.48	-0.01	0	0	0	-0.01
B1967	DCON54 MAX	0.6	0.01	0	0	0	-0.005
B1967	DCON54 MAX	0.6	0	0	0	0	0.004
B1967	DCON54 MAX	0.6	-0.01	0	0	0	-0.006
B1968	DCON54 MAX	0.57	0.01	0	0	0	-0.001
B1968	DCON54 MAX	0.57	0	0	0	0	0.003
B1968	DCON54 MAX	0.57	-0.01	0	0	0	-0.003
B1969	DCON54 MAX	0.46	0.01	0	0	0	0.002
B1969	DCON54 MIN	0.28	0	0	0	0	0.002
B1969	DCON54 MAX	0.46	-0.01	0	0	0	-0.001
B1970	DCON54 MAX	0.26	0	0	0	0	0.001
B1970	DCON54 MAX	0.26	0	0	0	0	0.003
B1970	DCON54 MIN	0.18	0	0	0	0	0.002
B1971	DCON54 MAX	0.14	0.06	0	0	0.001	-0.021
B1971	DCON54 MAX	0.13	-0.05	0	0	0.001	-0.019
B1971	DCON54 MIN	0.07	-0.1	0	0	0	-0.062
B1971	DCON54 MAX	0.15	-0.1	0	0	0.001	-0.061
B1972	DCON54 MAX	0.09	0.04	0	0	0.001	-0.01
B1972	DCON54 MAX	0.05	-0.04	0	0	0	-0.012
B1972	DCON54 MAX	0.09	-0.1	0	0	0	-0.024
B1973	DCON54 MAX	0.09	0.11	0	0	0.001	-0.031
B1973	DCON54 MAX	0.05	-0.01	0	0	0	0.001
B1973	DCON54 MIN	-0.02	-0.02	0	0	-0.001	-0.004
B1974	DCON54 MIN	0.06	0.14	0	0	0	-0.085
B1974	DCON54 MAX	0.07	0.11	0	0	0	-0.052
B1974	DCON54 MAX	0.04	0.02	0	0	-0.001	0.003
B1976	DCON54 MIN	-0.33	0.01	0	0	-0.001	-0.007
B1976	DCON54 MAX	-0.17	-0.02	0	0	-0.001	-0.028
B1977	DCON54 MIN	-0.34	0.02	0	0	-0.001	-0.023
B1977	DCON54 MIN	-0.34	0.01	0	0	0	0.002
B1977	DCON54 MIN	-0.34	-0.01	0	0	0	-0.006
B1979	DCON54 MAX	-0.34	0.02	0	0	0	-0.026
B1979	DCON54 MIN	-0.43	0	0	0	0	0.007
B1979	DCON54 MIN	-0.43	-0.01	0	0	-0.001	-0.006
B1980	DCON54 MAX	0.69	0	0.03	0	-0.007	0
B1980	DCON54 MIN	0.29	-0.01	0	0	-0.001	-0.007
B1983	DCON54 MAX	0.24	0.01	0	0	0	0.001
B1983	DCON54 MAX	0.24	0	0	0	0	0.002
B1983	DCON54 MAX	0.24	-0.01	0	0	0.001	-0.001
B1984	DCON54 MAX	-0.24	0.01	0.01	0	-0.001	0
B1984	DCON54 MAX	-0.42	0.01	0.02	0	-0.008	0
B1984	DCON54 MAX	-0.24	0	0.01	0	0.003	0.006
B1985	DCON54 MAX	-1.03	0.03	0.02	0	-0.008	-0.007
B1985	DCON54 MIN	-0.6	0	0.01	0	0.003	-0.001
B1985	DCON54 MIN	-1.14	0	0.01	0	0	-0.006



B1987	DCON54 MAX	-1.1	0.09	0.03	0	-0.006	-0.015
B1987	DCON54 MAX	-0.04	0.02	0	0	-0.001	-0.011
B1987	DCON54 MAX	0.03	0.01	0.01	0	0.003	0.009
B1988	DCON54 MAX	-0.87	0.1	0.03	0	-0.006	-0.014
B1988	DCON54 MAX	-0.04	0.02	0	0	-0.001	-0.012
B1988	DCON54 MAX	0.03	0.01	0.02	0	0.003	0.006
B1989	DCON54 MAX	-0.62	0.11	0.04	0	-0.006	-0.011
B1989	DCON54 MAX	-0.05	0.02	0	0	-0.001	-0.01
B1989	DCON54 MAX	0.03	0	0.02	0	0.002	0.003
B1991	DCON54 MAX	-0.03	0.07	0.08	0	-0.003	0.002
B1991	DCON54 MAX	0.09	0	0.02	0	0	-0.003
B1991	DCON54 MAX	-0.04	0	0	0	0	0.002
B1992	DCON54 MIN	-0.07	0	0.02	0	-0.009	-0.004
B1992	DCON54 MIN	-0.03	-0.01	0	0	0	-0.005
B1992	DCON54 MIN	-0.07	-0.01	0.02	0	0.005	-0.003
B1994	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0.002	-0.002
B1994	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0.002	-0.001
B1994	DCON54 MIN	-0.16	-0.02	0	0	0	-0.006
B1994	DCON54 MIN	-0.16	-0.02	0	0	0	-0.002
B1995	DCON54 MAX	0.35	0	0	0	0.002	0
B1995	DCON54 MAX	0.35	0	0	0	0.001	-0.001
B1995	DCON54 MAX	0.35	0	0	0	0.001	0.002
B1995	DCON54 MIN	-0.03	-0.01	0	0	0	-0.003
B1995	DCON54 MIN	-0.03	-0.01	0	0	0	-0.002
B1995	DCON54 MIN	-0.03	-0.02	0	0	-0.001	-0.008
B1996	DCON54 MAX	0.46	0.01	0	0	0.001	0.003
B1997	DCON54 MAX	0.32	0.01	0	0	0.001	0.005
B1997	DCON54 MAX	0.32	0	0	0	0	0.004
B1997	DCON54 MAX	0.32	-0.01	0	0	0	-0.003
B1998	DCON54 MAX	0.02	0.01	0.03	-0.001	0.004	0.018
B1998	DCON54 MIN	0.01	-0.01	0	0.001	0.001	0.005
B1998	DCON54 MAX	-0.1	-0.01	0	-0.001	0	-0.005
B1999	DCON54 MAX	0.02	0.01	0.01	0.001	0.004	0.011
B1999	DCON54 MIN	-0.08	-0.02	-0.06	-0.001	-0.001	0.006
B1999	DCON54 MIN	-0.12	-0.03	0	-0.001	-0.003	-0.017
B2000	DCON54 MAX	0.03	0.02	0.04	-0.002	0.004	0.013
B2000	DCON54 MAX	-0.09	0	0	-0.002	0.004	0.013
B2000	DCON54 MIN	0.02	-0.02	-0.01	0.001	0	0
B2001	DCON54 MAX	0.07	0.09	0.05	-0.003	-0.001	-0.013
B2001	DCON54 MAX	-0.01	-0.04	-0.01	0.003	0.012	0.064
B2001	DCON54 MAX	0.07	-0.05	0	0.003	-0.001	-0.016
B2002	DCON54 MAX	0.26	0.33	0.11	-0.004	-0.018	-0.08
B2002	DCON54 MIN	0.17	0.2	0.04	-0.006	-0.03	-0.128
B2002	DCON54 MAX	0.03	0.34	0.07	-0.004	-0.008	-0.028
B2002	DCON54 MAX	0.26	0.33	0.11	-0.004	0	-0.03
B2002	DCON54 MIN	-0.02	0.21	0.05	-0.006	-0.013	-0.045
B2002	DCON54 MIN	0.17	0.2	0.04	-0.006	-0.009	-0.047
B2002	DCON54 MAX	0.03	0.34	0.07	-0.004	0.014	0.075
B2002	DCON54 MIN	-0.02	0.21	0.05	-0.006	0.008	0.047

B2002	DCON54 MAX	0.03	0.33	0.07	-0.004	0.04	0.194
B2002	DCON54 MIN	-0.02	0.21	0.05	-0.006	0.025	0.121
B2002	DCON54 MAX	0.04	-0.12	-0.02	0.004	0.039	0.2
B2002	DCON54 MIN	0.01	-0.2	-0.04	0.002	0.023	0.125
B2002	DCON54 MAX	0.04	-0.13	-0.02	0.004	0.021	0.119
B2002	DCON54 MIN	0.01	-0.2	-0.04	0.002	0.013	0.074
B2002	DCON54 MAX	0.04	-0.13	-0.02	0.004	0.005	0.036
B2002	DCON54 MAX	0.13	-0.13	-0.02	0.004	0.008	0.035
B2002	DCON54 MIN	0.01	-0.2	-0.04	0.002	0.003	0.022
B2002	DCON54 MIN	0.07	-0.2	-0.04	0.002	0.004	0.022
B2002	DCON54 MAX	0.13	-0.13	-0.02	0.004	-0.003	-0.019
B2002	DCON54 MIN	0.07	-0.21	-0.04	0.002	-0.006	-0.03
B2002	DCON54 MAX	0.13	-0.13	-0.02	0.004	-0.011	-0.061
B2002	DCON54 MIN	0.07	-0.21	-0.04	0.002	-0.019	-0.095
B2003	DCON54 MIN	0.01	0.01	0	0	0	-0.005
B2003	DCON54 MIN	0.01	0	0	0	-0.001	-0.001
B2003	DCON54 MAX	0.05	-0.01	0	0	0	-0.001
B2006	DCON54 MAX	0.13	0.11	-0.05	-0.003	0.015	-0.016
B2006	DCON54 MAX	0.13	0.11	-0.05	-0.003	0.046	-0.04
B2006	DCON54 MAX	0.13	0.1	-0.05	-0.003	-0.009	0.011
B2006	DCON54 MIN	0.04	0.07	-0.09	-0.005	0.028	-0.063
B2007	DCON54 MAX	-0.06	-0.17	-0.18	-0.008	-0.045	-0.06
B2007	DCON54 MIN	-0.17	-0.28	-0.3	-0.013	-0.074	-0.097
B2007	DCON54 MIN	-0.17	-0.28	-0.3	-0.013	-0.001	-0.03
B2008	DCON54 MAX	0.15	0	0.01	0	0.004	-0.002
B2008	DCON54 MIN	-0.01	0	0	0	0.001	-0.002
B2008	DCON54 MAX	0.15	0	0.01	0	0	-0.001
B2008	DCON54 MAX	0.15	0	0.01	0	-0.001	-0.001
B2008	DCON54 MIN	-0.01	-0.01	0	0	0.002	-0.004
B2009	DCON54 MAX	0.08	-0.06	0.29	0.01	0.065	-0.022
B2009	DCON54 MAX	0.08	-0.06	0.29	0.01	-0.001	-0.007
B2009	DCON54 MIN	-0.1	-0.24	0.07	0.003	0.016	-0.081
B2009	DCON54 MIN	-0.1	-0.24	0.07	0.003	-0.004	-0.023
B2010	DCON54 MAX	0.11	-0.01	0.05	0.002	-0.003	0.005
B2010	DCON54 MAX	0.11	-0.02	0.05	0.002	0.025	-0.011
B2010	DCON54 MAX	0.11	-0.02	0.05	0.002	0.007	-0.005
B2010	DCON54 MIN	0	-0.05	0.01	0.001	0.007	-0.03
B2010	DCON54 MIN	0	-0.05	0.01	0.001	0.002	-0.012
B2011	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0.001	0.002
B2011	DCON54 MIN	0.01	0	0	0	0	0
B2011	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0.003	0.006
B2011	DCON54 MAX	0.16	-0.01	0	0	0.001	-0.003
B2011	DCON54 MIN	0.01	-0.01	0	0	0	0
B2013	DCON54 MAX	0.15	0.02	0	0	0.003	-0.002
B2013	DCON54 MAX	0.15	0.01	0	0	0.001	-0.002
B2013	DCON54 MIN	-0.17	0	-0.01	0	-0.001	-0.003
B2013	DCON54 MIN	-0.17	0	-0.01	0	0.001	-0.005
B2014	DCON54 MAX	0.29	0	0	0	-0.001	-0.001
B2014	DCON54 MAX	0.29	0	0	0	0	-0.001

B2014	DCON54 MAX	0.29	0	0	0	0.001	0.001
B2014	DCON54 MIN	-0.03	-0.01	-0.01	0	-0.002	-0.003
B2014	DCON54 MIN	-0.03	-0.01	-0.01	0	-0.001	-0.002
B2014	DCON54 MIN	-0.03	-0.02	-0.01	0	-0.003	-0.008
B2015	DCON54 MAX	0.37	0.01	0	0	0.001	0.001
B2015	DCON54 MAX	0.37	0	0	0	-0.001	0
B2015	DCON54 MIN	0.04	-0.01	0	0	-0.001	-0.001
B2019	DCON54 MAX	-0.02	0.11	0.02	0	-0.002	-0.014
B2019	DCON54 MAX	-0.02	0.1	0.02	0	0.011	0.059
B2019	DCON54 MAX	-0.09	-0.06	-0.04	0.007	-0.006	-0.017
B2020	DCON54 MAX	-0.08	0.08	0	0.003	0.002	0.032
B2020	DCON54 MIN	-0.23	0.01	0	-0.001	0	0.002
B2020	DCON54 MIN	-0.23	0	0	-0.001	0.002	0.011
B2021	DCON54 MIN	-0.36	0.01	-0.01	0	-0.002	0.007
B2021	DCON54 MAX	-0.11	0	0	0	0	0.003
B2021	DCON54 MIN	-0.31	-0.02	0	-0.001	0	0.002
B2022	DCON54 MIN	-0.43	0.01	0	0	-0.001	0.007
B2022	DCON54 MIN	-0.42	0.01	-0.02	0	-0.006	-0.022
B2022	DCON54 MIN	-0.34	-0.03	0	0	-0.003	-0.018
B2023	DCON54 MAX	0.07	0.21	0.19	0.007	0.009	-0.004
B2023	DCON54 MAX	0.07	0.21	0.19	0.007	-0.036	-0.051
B2023	DCON54 MIN	-0.19	0.13	0.12	0.005	0.005	-0.007
B2023	DCON54 MIN	-0.19	0.13	0.12	0.005	-0.057	-0.081
B2024	DCON54 MAX	0.09	0.08	0.06	0.004	0.012	0.01
B2024	DCON54 MAX	0.09	0.08	0.06	0.004	-0.008	-0.014
B2024	DCON54 MAX	0.09	0.08	0.06	0.004	-0.023	-0.034
B2024	DCON54 MIN	-0.08	0.05	0.04	0.002	0.008	0.006
B2024	DCON54 MIN	-0.08	0.05	0.04	0.002	-0.012	-0.022
B2024	DCON54 MIN	-0.08	0.05	0.04	0.002	-0.036	-0.053
B2025	DCON54 MAX	0.08	-0.01	0.02	0.002	-0.005	0.004
B2025	DCON54 MAX	0.08	-0.02	0.02	0.002	0.018	-0.018
B2025	DCON54 MIN	-0.04	-0.02	0.01	0.001	-0.007	0.002
B2025	DCON54 MIN	-0.04	-0.03	0.01	0.001	0.012	-0.027
B2025	DCON54 MIN	-0.04	-0.03	0.01	0.001	0.007	-0.016
B2026	DCON54 MAX	0.07	0.01	0.01	0.001	-0.002	-0.002
B2026	DCON54 MIN	-0.01	0.01	0.01	0.001	-0.006	-0.008
B2026	DCON54 MAX	0.07	0	0.01	0.001	0.004	0.001
B2026	DCON54 MIN	-0.01	0	0.01	0.001	0	-0.002
B2026	DCON54 MAX	0.07	0	0.01	0.001	0.001	-0.001
B2026	DCON54 MIN	-0.01	0	0.01	0.001	-0.002	-0.004
B2027	DCON54 MIN	0	0.01	0	0	-0.004	-0.006
B2027	DCON54 MIN	0	0	0	0	-0.001	-0.001
B2027	DCON54 MIN	0	-0.01	0	0	0.002	-0.003
B2029	DCON54 MIN	0	0.01	0	0	-0.001	-0.001
B2029	DCON54 MAX	0.07	0	0	0	0	0.003
B2029	DCON54 MAX	0.07	-0.01	0	0	0.001	-0.003
B2030	DCON54 MIN	-0.01	0.01	0	0	-0.001	-0.001
B2030	DCON54 MAX	0.07	0	0	0	0	0.004
B2030	DCON54 MAX	0.07	-0.01	0	0	0.001	-0.005

B2031	DCON54 MAX	0.06	0.01	0	0	-0.001	-0.006
B2031	DCON54 MAX	0.06	0	0	0	0	0.005
B2031	DCON54 MAX	0.06	-0.01	0	0	0	-0.007
B2032	DCON54 MIN	-0.04	0.01	0	0	-0.001	-0.008
B2032	DCON54 MIN	-0.04	0	0	0	0	0.005
B2034	DCON54 MAX	-0.14	0.08	0.01	0	0.006	0.04
B2034	DCON54 MAX	-0.14	0.08	0.04	0	-0.001	-0.007
B2034	DCON54 MAX	-0.15	0	0	0	0.001	0.002
B2035	DCON54 MAX	0.03	0.01	0	0	0.001	-0.006
B2035	DCON54 MAX	0.03	0	0	0	-0.001	0.004
B2035	DCON54 MIN	-0.04	0	0	0	-0.001	0.001
B2036	DCON54 MIN	-0.01	0.01	0	0	0.001	-0.008
B2036	DCON54 MAX	0.06	-0.01	0	0	0	-0.009
B2037	DCON54 MAX	0.09	0.01	0	0	0.002	-0.005
B2037	DCON54 MAX	0.09	0	0	0	0.001	0.005
B2037	DCON54 MAX	0.09	-0.01	0	0	0	-0.006
B2038	DCON54 MIN	0.03	0.01	0	0	0.001	-0.006
B2038	DCON54 MAX	0.1	0	0	0	0.001	0.004
B2038	DCON54 MAX	0.1	-0.01	0	0	0	-0.003
B2040	DCON54 MAX	0.11	0.01	0	0	0.002	0.001
B2040	DCON54 MAX	0.11	-0.01	0	0	0	0.002
B2040	DCON54 MIN	0.03	-0.01	0	0	-0.001	-0.001
B2041	DCON54 MIN	0	0.01	0	0	0.002	-0.005
B2041	DCON54 MAX	0.1	0	0	0	0.001	0.002
B2041	DCON54 MIN	0	0	0	0	0.001	-0.001
B2041	DCON54 MIN	0	-0.01	0	0	-0.002	-0.004
B2042	DCON54 MAX	0.1	0.01	0	0	0.002	0
B2042	DCON54 MAX	0.1	0.01	0	0	0.003	-0.001
B2042	DCON54 MAX	0.1	0	0	0	-0.002	0.001
B2042	DCON54 MIN	-0.04	0	0	0	-0.001	-0.001
B2042	DCON54 MAX	0.1	0	0	0	-0.001	0.001
B2042	DCON54 MIN	-0.04	0	0	0	0	0
B2042	DCON54 MAX	0.1	0	0	0	0	0.001
B2042	DCON54 MIN	-0.04	0	0	0	0.001	-0.001
B2042	DCON54 MIN	-0.04	0	0	0	0.002	-0.004
B2042	DCON54 MIN	-0.04	-0.01	0	0	-0.003	-0.004
B2043	DCON54 MAX	0.11	0	-0.01	0	-0.002	-0.002
B2043	DCON54 MIN	-0.09	0	-0.01	0	0	-0.002
B2043	DCON54 MAX	0.11	0	-0.01	0	0.001	0
B2043	DCON54 MIN	-0.09	0	-0.01	0	0.002	-0.002
B2043	DCON54 MAX	0.11	0	-0.01	0	0.005	0
B2043	DCON54 MIN	-0.09	-0.01	-0.01	0	-0.008	-0.007
B2043	DCON54 MAX	0.11	-0.01	-0.01	0	-0.004	-0.004
B2043	DCON54 MIN	-0.09	-0.01	-0.01	0	-0.003	-0.004
B2044	DCON54 MAX	0.11	-0.01	-0.01	-0.001	-0.007	-0.008
B2044	DCON54 MAX	0.11	-0.01	-0.01	-0.001	-0.002	-0.003
B2044	DCON54 MAX	0.11	-0.01	-0.01	-0.001	0.009	0.003

B2044	DCON54 MIN	-0.17	-0.03	-0.03	-0.002	-0.018	-0.022
B2044	DCON54 MIN	-0.17	-0.03	-0.03	-0.002	-0.005	-0.009
B2044	DCON54 MIN	-0.17	-0.03	-0.03	-0.002	0.003	0.001
B2045	DCON54 MAX	0.09	-0.03	-0.03	-0.001	-0.01	-0.013
B2045	DCON54 MAX	0.09	-0.03	-0.03	-0.001	0.008	-0.001
B2045	DCON54 MIN	-0.31	-0.11	-0.12	-0.004	0.002	-0.003
B2045	DCON54 MIN	-0.31	-0.12	-0.12	-0.004	-0.033	-0.044
B2046	DCON54 MIN	-0.05	0.02	0	0	0	-0.013
B2046	DCON54 MAX	0.01	0.02	0	0	0.001	-0.012
B2046	DCON54 MAX	0.01	0	0	0	0	0.006
B2046	DCON54 MAX	0.01	-0.01	0	0	0	-0.009
B2047	DCON54 MIN	-0.07	0.01	0	0	-0.001	-0.007
B2047	DCON54 MAX	-0.01	0	0	0	0.001	0.005
B2047	DCON54 MAX	0.04	-0.02	-0.02	0	-0.003	-0.002
B2048	DCON54 MAX	-0.07	0.01	0	0	0	-0.002
B2048	DCON54 MAX	-0.07	0	0	0	0.001	0.003
B2048	DCON54 MIN	-0.42	-0.05	-0.03	0	-0.007	-0.014
B2053	DCON54 MAX	1.1	0.05	-0.05	-0.001	0	-0.037
B2053	DCON54 MAX	0.21	0.01	0	0.001	0.004	0.024
B2053	DCON54 MAX	0.33	-0.02	0	0.001	-0.003	-0.019
B2054	DCON54 MAX	0.45	0.02	0	0	0	-0.012
B2054	DCON54 MAX	0.08	0	0	0	0	0.001
B2054	DCON54 MAX	0.34	-0.02	0	0	0	-0.013
B2055	DCON54 MAX	0.13	0.02	0	0	0	-0.018
B2055	DCON54 MIN	-0.15	0	0	0	0	0
B2055	DCON54 MAX	0.07	-0.02	0	0	0	-0.021
B2056	DCON54 MAX	0.03	0	0	0	0	0.002
B2056	DCON54 MIN	-0.05	0	0	0	0	0.002
B2056	DCON54 MAX	0.03	0	0	0	0	0.003
B2056	DCON54 MIN	-0.05	-0.01	0	0	0	0.002
B2057	DCON54 MAX	0.05	0.1	0	0	0	-0.051
B2057	DCON54 MIN	0.08	0.09	0	0	0	-0.029
B2057	DCON54 MAX	0.14	0.07	0	0	0	-0.018
D2440	DCON54 MAX	0.69	0.35	-0.43	0.006	-0.32	0.147
D2440	DCON54 MAX	0.71	0.35	-0.43	0.006	-0.139	0.01
D2440	DCON54 MAX	0.73	0.35	-0.43	0.006	0.078	-0.115
D2440	DCON54 MIN	0.37	0.28	-0.56	0.005	-0.395	0.101
D2440	DCON54 MIN	0.39	0.28	-0.56	0.005	-0.16	-0.029
D2440	DCON54 MIN	0.4	0.28	-0.56	0.005	0.04	-0.172
D2445	DCON54 MAX	0.4	0.17	0.36	-0.001	0.265	0.071
D2445	DCON54 MAX	0.42	0.17	0.36	-0.001	0.074	-0.005
D2445	DCON54 MIN	0.26	-0.14	0.31	-0.003	-0.136	-0.113
D2446	DCON54 MAX	0.54	-0.14	-0.18	0	-0.145	-0.01
D2446	DCON54 MAX	0.57	-0.14	-0.18	0	-0.031	0.074
D2446	DCON54 MAX	0.59	-0.14	-0.18	0	0.145	0.288
D2462	DCON54 MAX	-1.62	0.23	0.03	0.003	-0.026	-0.221
D2462	DCON54 MAX	-1.64	0.12	0.03	0.003	0.05	0.246
D2462	DCON54 MIN	-3.19	-0.12	-0.02	-0.005	-0.023	-0.05
D2490	DCON54 MIN	-0.15	0.01	0	0	0	-0.002

D2490	DCON54 MAX	0.01	0	0	0	0	0.002
D2490	DCON54 MAX	0.01	-0.01	0	0	0	0
D2491	DCON54 MIN	-0.03	0.01	0	0	0	-0.003
D2491	DCON54 MIN	-0.03	0	0	0	0	0.001
D2491	DCON54 MAX	0.04	-0.01	0	0	0	-0.001
D2492	DCON54 MIN	-0.48	0	0	0	0.001	0.005
D2492	DCON54 MAX	-0.21	-0.01	0	0	0	0
D2492	DCON54 MIN	-0.48	-0.02	0	0	-0.002	-0.012
D2493	DCON54 MIN	-0.06	0	0	0	0.001	0
D2493	DCON54 MIN	-0.07	-0.01	0	0	-0.001	-0.012
D2493	DCON54 MAX	0.11	-0.01	0	0	0	-0.002
D2494	DCON54 MAX	0.25	0	0	0	0	-0.002
D2494	DCON54 MIN	0.15	0	0	0	0	-0.002
D2494	DCON54 MAX	0.25	-0.01	0	0	0	-0.007
D2495	DCON54 MAX	0.2	0.01	0	0	0.001	-0.003
D2495	DCON54 MAX	0.2	0	0	0	0	-0.001
D2495	DCON54 MAX	0.2	-0.01	0	0	0.001	-0.004
D2496	DCON54 MIN	0.08	0.01	0	0	0	-0.003
D2496	DCON54 MAX	0.12	0	0	0	0	0.001
D2496	DCON54 MAX	0.12	-0.01	0	0	0.001	-0.002
D2497	DCON54 MAX	0.13	0.02	0	0	0.001	-0.023
D2497	DCON54 MAX	-0.06	0	0	0	0	0
D2497	DCON54 MAX	0.16	-0.02	0	0	0	-0.016
D2498	DCON54 MIN	0.27	0.02	0	0	0	-0.017
D2498	DCON54 MAX	0.1	0	0	0	0	0.002
D2498	DCON54 MIN	0.29	-0.01	0	0	0	-0.013
D2499	DCON54 MAX	0.04	0.01	0	0	-0.001	-0.008
D2499	DCON54 MIN	-0.08	0	0	0	0	0.002
D2499	DCON54 MAX	0.04	-0.01	0	0	0	-0.004
D2501	DCON54 MAX	0.19	0	0	0	0	0.003
D2501	DCON54 MIN	0.01	0	0	0	-0.001	0.001
D2501	DCON54 MAX	-0.08	-0.01	0	0	0	-0.002
D2501	DCON54 MIN	0.13	-0.01	0	0	0	-0.001
D2502	DCON54 MAX	-0.19	0.02	0	0	0.001	-0.011
D2502	DCON54 MIN	-0.37	0	0	0	0	0.005
D2502	DCON54 MAX	-0.19	-0.01	0	0	0	-0.011
D2503	DCON54 MIN	-0.22	0.01	0	0	0	-0.009
D2503	DCON54 MIN	-0.22	0	0	0	0	0.001
D2503	DCON54 MIN	-0.23	-0.02	0	0	-0.001	-0.017
D2504	DCON54 MAX	-0.02	0.01	0	0	0.001	-0.001
D2504	DCON54 MIN	-0.12	-0.01	0	0	0	-0.002
D2504	DCON54 MIN	-0.13	-0.02	0	0	-0.002	-0.018
D2505	DCON54 MAX	0.03	0.01	0	0	0.001	0.001
D2505	DCON54 MIN	-0.05	-0.01	0	0	0	-0.004
D2505	DCON54 MIN	-0.05	-0.02	0	0	-0.002	-0.017
D2506	DCON54 MAX	0.07	0	0	0	0	-0.002
D2506	DCON54 MAX	0.07	0	0	0	0.001	0
D2506	DCON54 MIN	0	-0.02	0	0	-0.002	-0.015
D2507	DCON54 MAX	-0.1	0.01	0	0	0.001	0.001

D2507	DCON54 MIN	-0.17	-0.02	0	0	-0.002	-0.017
D2507	DCON54 MIN	-0.57	-0.04	-0.02	0	0.004	0.008
D2507	DCON54 MIN	-0.57	-0.05	-0.02	0	-0.006	-0.016
D2509	DCON54 MAX	-0.02	0.08	0.01	0	0.001	-0.002
D2509	DCON54 MAX	-0.12	-0.01	0	0	-0.001	-0.005
D2509	DCON54 MIN	-0.6	-0.03	-0.01	0	-0.005	-0.018
D2510	DCON54 MIN	-0.08	0.01	0	0	0.001	-0.005
D2510	DCON54 MIN	-0.08	0	0	0	0	0.003
D2510	DCON54 MAX	-0.02	-0.01	0	0	0	-0.002
D2511	DCON54 MIN	-0.01	0.01	0	0	0	-0.006
D2511	DCON54 MAX	0.07	0	0	0	0	0.003
D2511	DCON54 MAX	0.07	-0.01	0	0	0	-0.004
D2512	DCON54 MIN	0.11	0.01	0	0	-0.001	-0.008
D2512	DCON54 MAX	0.24	0	0	0	0	0.003
D2512	DCON54 MAX	0.24	-0.01	0	0	0	-0.007
D2513	DCON54 MAX	0.06	0.01	0	0	0.002	-0.004
D2513	DCON54 MIN	0	-0.01	0	0	-0.001	-0.01
D2513	DCON54 MIN	0	-0.01	0	0	0	-0.007
D2514	DCON54 MIN	0	0	0	0	0	-0.002
D2514	DCON54 MAX	0.07	-0.01	0	0	0.001	-0.005
D2514	DCON54 MIN	0	-0.01	0	0	0	-0.004
D2515	DCON54 MAX	0.05	0.01	0	0	0.001	0
D2515	DCON54 MAX	0.05	0	0	0	0	0
D2515	DCON54 MAX	0.05	-0.01	0	0	0.001	-0.006
D2516	DCON54 MIN	-0.1	0.01	0	0	0	-0.005
D2516	DCON54 MAX	0.02	0	0	0	0	0.001
D2516	DCON54 MIN	-0.11	-0.01	0	0	0	-0.013
D2517	DCON54 MIN	-0.17	0.01	0	0	0	-0.009
D2517	DCON54 MAX	-0.03	0.01	0	0	0	-0.007
D2517	DCON54 MIN	-0.17	0	0	0	0	0.003
D2517	DCON54 MAX	-0.03	0	0	0	0	0.003
D2517	DCON54 MIN	-0.18	-0.01	0	0	0	-0.013
D2517	DCON54 MAX	-0.03	-0.01	0	0	0.001	-0.01
D2518	DCON54 MIN	-0.28	0.02	0	0	-0.001	-0.013
D2518	DCON54 MAX	-0.11	0.02	0	0	0	-0.012
D2518	DCON54 MIN	-0.28	0	0	0	0	0.005
D2518	DCON54 MAX	-0.11	0	0	0	0	0.006
D2518	DCON54 MIN	-0.28	-0.02	0	0	0	-0.015
D2518	DCON54 MAX	-0.12	-0.02	0	0	0	-0.014
D2519	DCON54 MAX	0.07	0.01	0	0	0.001	0.002
D2519	DCON54 MAX	0.15	0	0	0	0	0
D2519	DCON54 MIN	-0.03	-0.01	0	0	0	-0.003
D2520	DCON54 MAX	0.22	0.01	0	0	0.001	0.002
D2520	DCON54 MAX	0.25	0	0	0	0	0
D2520	DCON54 MAX	0.22	-0.01	0	0	0.001	-0.002
D2521	DCON54 MAX	0.37	0.01	0	0	0	-0.004
D2521	DCON54 MIN	0.27	0	0	0	0	-0.001
D2521	DCON54 MIN	0.27	-0.01	0	0	0	-0.002
D2522	DCON54 MAX	0.47	0.01	0	0	0	-0.007

D2522	DCON54 MIN	0.25	0	0	0	0	-0.001
D2522	DCON54 MIN	0.38	-0.01	0	0	0	-0.006
D2523	DCON54 MAX	0.47	0.02	0	0	0	-0.011
D2523	DCON54 MAX	0.21	0	0	0	0	0
D2523	DCON54 MIN	0.41	-0.01	0	0	0	-0.011
D2525	DCON54 MAX	-0.04	0	0	0	0	-0.001
D2525	DCON54 MIN	-0.35	0	0	0	-0.001	0
D2525	DCON54 MAX	-0.04	-0.01	0	0	0.001	-0.007
D2526	DCON54 MAX	-0.21	0	0.01	0	-0.003	0.001
D2526	DCON54 MIN	-0.45	-0.01	0	0	-0.001	-0.006
D2526	DCON54 MAX	-0.32	-0.01	0	0	0.002	-0.006
D2527	DCON54 MAX	0.26	0	0	0	0.001	0.004
D2527	DCON54 MAX	0.26	-0.01	0	0	0.001	-0.009
D2527	DCON54 MAX	0.26	-0.01	0	0	0	-0.001
D2528	DCON54 MIN	-0.14	0	0	0	-0.003	-0.002
D2528	DCON54 MIN	-0.33	-0.01	0	0	-0.002	-0.009
D2528	DCON54 MIN	-0.38	-0.01	0	0	0.002	-0.008
D2529	DCON54 MAX	0.24	0	0	0	0	0
D2529	DCON54 MIN	0.17	0	0	0	-0.001	-0.001
D2529	DCON54 MAX	0.24	0	0	0	0.001	0.001
D2529	DCON54 MIN	0.16	-0.01	0	0	-0.001	-0.008
D2529	DCON54 MAX	0.24	-0.01	0	0	0.001	-0.006
D2529	DCON54 MIN	0.16	-0.01	0	0	0	-0.001
D2531	DCON54 MAX	0.13	0.01	0	0	0.001	-0.001
D2531	DCON54 MIN	0.1	0	0	0	0	0
D2531	DCON54 MAX	0.12	0	0	0	0	0
D2531	DCON54 MIN	0.1	0	0	0	-0.001	-0.002
D2531	DCON54 MIN	0.09	-0.01	0	0	-0.001	-0.004
D2531	DCON54 MAX	0.12	-0.01	0	0	0.001	-0.003
D2532	DCON54 MIN	-0.09	0.01	0	0	-0.001	-0.004
D2532	DCON54 MIN	-0.07	0	0	0	-0.003	-0.001
D2532	DCON54 MAX	-0.03	-0.01	0	0	0.002	-0.006
D2533	DCON54 MIN	-0.01	0.01	0	0	-0.001	-0.003
D2533	DCON54 MAX	0.04	0.01	0	0	0.001	-0.002
D2533	DCON54 MAX	0.03	0	0	0	0.001	-0.001
D2533	DCON54 MIN	-0.02	0	0	0	0	0
D2533	DCON54 MAX	0.03	0	0	0	0	0.001
D2533	DCON54 MIN	-0.02	-0.01	0	0	-0.001	-0.002
D2534	DCON54 MAX	0.06	0.01	0	0	0	-0.003
D2534	DCON54 MAX	-0.02	0	0	0	-0.001	-0.002
D2534	DCON54 MAX	0.13	-0.01	0	0	0.001	-0.005
D2535	DCON54 MIN	-0.13	0.01	0	0	-0.001	-0.003
D2535	DCON54 MAX	-0.03	0.01	0	0	0.001	-0.002
D2535	DCON54 MAX	-0.03	0	0	0	0	0
D2535	DCON54 MIN	-0.13	0	0	0	0	0.001
D2535	DCON54 MAX	-0.03	0	0	0	0	0.001
D2535	DCON54 MIN	-0.13	-0.01	0	0	-0.001	-0.001
D2536	DCON54 MIN	-0.23	0.01	0	0	0	-0.003
D2536	DCON54 MAX	0.01	0	0	0	0	0



D2536	DCON54 MIN	-0.23	0	0	0	0	0.001
D2536	DCON54 MIN	-0.23	-0.01	0	0	0	-0.002
D2537	DCON54 MAX	0.1	0.01	0	0	0	-0.001
D2537	DCON54 MAX	0.1	0.01	0	0	0	-0.004
D2537	DCON54 MAX	0.1	0.01	0	0	0.001	-0.007
D2537	DCON54 MIN	0.02	0	-0.01	0	-0.001	-0.008
D2537	DCON54 MIN	0.02	0	-0.01	0	0	-0.008
D2537	DCON54 MIN	0.02	-0.01	-0.01	0	-0.002	-0.009
D2538	DCON54 MIN	0.29	0.01	0	0	0	-0.007
D2538	DCON54 MAX	0.41	0.01	0	0	0.001	-0.005
D2538	DCON54 MIN	0.29	0	0	0	0	0.003
D2538	DCON54 MAX	0.41	0	0	0	0	0.004
D2538	DCON54 MIN	0.29	-0.01	0	0	-0.001	-0.004
D2538	DCON54 MAX	0.41	-0.01	0	0	0	-0.001
D2539	DCON54 MIN	0.15	0.01	0	0	-0.001	-0.006
D2539	DCON54 MAX	0.28	0.01	0	0	0.001	-0.004
D2539	DCON54 MIN	0.15	0	0	0	0	0.001
D2539	DCON54 MAX	0.28	0	0	0	0	0.001
D2539	DCON54 MIN	0.15	-0.01	0	0	-0.001	-0.006
D2539	DCON54 MAX	0.28	-0.01	0	0	0.001	-0.004
D2540	DCON54 MIN	0.1	0.01	0	0	0	-0.007
D2540	DCON54 MAX	0.2	0.01	0	0	0	-0.005
D2540	DCON54 MIN	0.1	0	0	0	0	0.006
D2540	DCON54 MAX	0.2	0	0	0	0	0.007
D2540	DCON54 MIN	0.1	0	0	0	0	0.005
D2540	DCON54 MIN	0.1	0	0	0	0	0.005
D2540	DCON54 MAX	0.2	0	0	0	0	0.006
D2540	DCON54 MAX	0.2	0	0	0	0	0.006
D2540	DCON54 MIN	0.1	-0.01	0	0	-0.001	-0.008
D2540	DCON54 MAX	0.2	-0.01	0	0	0	-0.008
D2541	DCON54 MIN	0.35	0.01	0	0	0	-0.008
D2541	DCON54 MAX	0.49	0.01	0	0	0	-0.005
D2541	DCON54 MIN	0.35	0	0	0	0	0.004
D2541	DCON54 MAX	0.49	0	0	0	0	0.004
D2541	DCON54 MIN	0.35	-0.01	0	0	0	-0.007
D2541	DCON54 MAX	0.49	-0.01	0	0	0	-0.005
D2542	DCON54 MIN	0.08	0.01	0	0	-0.001	-0.005
D2542	DCON54 MAX	0.23	0.01	0	0	0.001	-0.003
D2542	DCON54 MIN	0.08	0	0	0	0	0.001
D2542	DCON54 MAX	0.23	0	0	0	0	0.001
D2542	DCON54 MIN	0.08	-0.01	0	0	-0.001	-0.007
D2542	DCON54 MAX	0.23	-0.01	0	0	0.001	-0.004
D2543	DCON54 MIN	0.22	0.01	0	0	0	0.002
D2543	DCON54 MIN	0.22	0.01	0	0	0	0.002
D2543	DCON54 MAX	0.35	0.01	0	0	0	0.003
D2543	DCON54 MAX	0.35	0.01	0	0	0	0.003
D2543	DCON54 MIN	0.22	0.01	0	0	0	-0.01
D2543	DCON54 MAX	0.35	0.01	0	0	0	-0.009
D2543	DCON54 MIN	0.22	0	0	0	0	0.006

D2543	DCON54 MAX	0.35	0	0	0	0	0.007
D2543	DCON54 MIN	0.22	-0.01	0	0	0	-0.011
D2543	DCON54 MAX	0.35	-0.01	0	0	0	-0.009
D2544	DCON54 MIN	0.02	0.01	0	0	0.001	-0.005
D2544	DCON54 MAX	0.07	0	0	0	0	0
D2544	DCON54 MAX	0.07	-0.01	0	0	0	-0.003
D2545	DCON54 MIN	0.09	0.01	0	0	0	-0.007
D2545	DCON54 MAX	0.18	0.01	0	0	0.001	-0.005
D2545	DCON54 MIN	0.09	0	0	0	0	0.003
D2545	DCON54 MAX	0.18	0	0	0	0	0.004
D2545	DCON54 MIN	0.09	-0.01	0	0	-0.001	-0.008
D2545	DCON54 MAX	0.18	-0.01	0	0	0	-0.007
D2546	DCON54 MIN	0.13	0.01	0	0	-0.001	-0.007
D2546	DCON54 MAX	0.23	0	0	0	0	0.003
D2546	DCON54 MAX	0.23	-0.01	0	0	0.001	-0.005
D2547	DCON54 MAX	0.16	0.01	0	0	0.001	-0.004
D2547	DCON54 MAX	0.16	0	0	0	0	0
D2547	DCON54 MAX	0.16	-0.01	0	0	0	-0.005

### DISEÑO DE CORREAS O VIGUETAS DE MADERA

Ingrese datos solo en el relleno

**Va a diseñar en madera verde o seca (V, S)** **V**

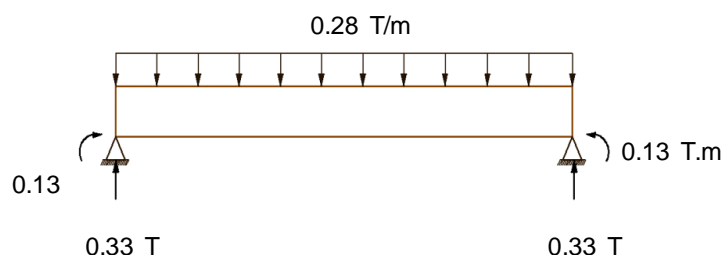
Se asume un contenido de humedad del 30% 20 [ver tabla](#)

**Tipo de viga (ok):**

Apoyada-apoyada OK  
Apoyada-libre (volado)

**Datos de SAP, ETABS ó Cualquier otro programa estructural:**

# Elemento= B2002  
Longitud(m)= 2.4  
Max Cortant,  $V_{\text{máx}}$  (T)= 0.33  
Max Momento,  $M_{\text{máx}}$  (T.m)= 0.128  
Carga Distribuida(T/m)= 0.28



**Sección transversal de la viga (ingrese código)**

Código 44  
Base (cm)= 6.5  
Altura(cm)= 16.5  
Inercia(cm<sup>4</sup>)= 2433.2344  
Módulo de sección,  $Z$ (cm<sup>3</sup>)= 294.9

**$\sigma_{adm}$  por grupo estructural 1 o tipo de madera 2, (Ingrese 1 o 2)**

Código 1  
Grupo (ingrese código A-D) C  
Grupo C  
 $f_c$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 60  
 $f_{cI}$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 23  
 $f_t$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 150  
 $f_{tI}$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 7  
 $f_v$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 8  
 $f_m$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 70  
 $E_{min}$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 65000  
 $E_{prom}$  (kg/cm<sup>2</sup>)= 77000

Tipo de madera Código		Grupo estructural Código	
Sande	1	Chanul	A
Seique	2	Guayacán	
Moral fino	3	Caña	B
Pituca	4	Moral fino	
Eucalipto Glóbulo:	5	Caoba	
Eucalipto Grandis	6	Mascarey	C
Mascarey	7	Sande	
Chanul	8	Fernansánc	
Guayacán	9	Colorado	
Colorado	10	Eucalipto	D
Caoba	11	Seique	
Fernansánchez	12	Pituca	
Caña Guadua	13	Eucalipto	

## ANÁLISIS

**Deflexión producida:**

$$\Delta_{\text{máx}} = \frac{5wL^4}{384E_{\text{prom}}I} \text{ (cm)} = 0.49$$

**Deflexión admisible:**

$$\Delta_{\text{adm}} = \frac{L}{250} \text{ (cm)} = 0.96$$

Pasa deflexiones: SI

**Momento de inercia mínimo para deflexiones:**

k = 250 No existe cielo raso

$$I_{\text{min}} > \frac{5wL^3K}{384E_{\text{prom}}} \text{ (cm}^4\text{)} = 1236.3$$

Inercia suficiente: SI

**Momento de sección necesario por resistencia:**

$$Z_{\text{min}} > \frac{M}{f_m} \text{ (cm}^3\text{)} = 130.6122449$$

Z suficiente: SI

**Verificación de esfuerzo cortante:**

$$V_h = V_{\text{máx}} - w_h \text{ (kg)} = 284.63$$

$$\tau = \frac{1.5V_h}{bh} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 3.98$$

f<sub>v</sub> es mayor que τ: SI

**Verificación de estabilidad lateral:**

$$\frac{h}{b} = 3$$

Tipo de restricción: Restricción del deslizamiento lateral en [ver tabla](#)

Resumen de resultados										
b(cm)	h(cm)	Δ <sub>máx</sub>	Δ <sub>adm</sub>	I	I <sub>min</sub>	Z	Z <sub>min</sub>	τ	f <sub>v</sub>	b/h
7	17	0	1	2433	1236	295	131	4	10	3

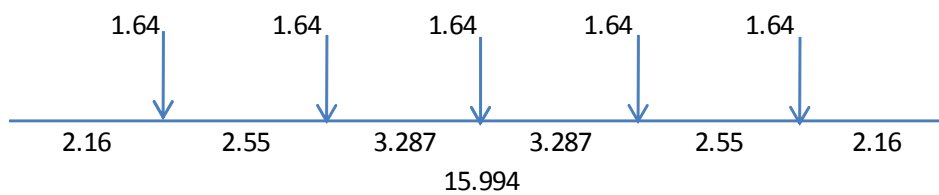
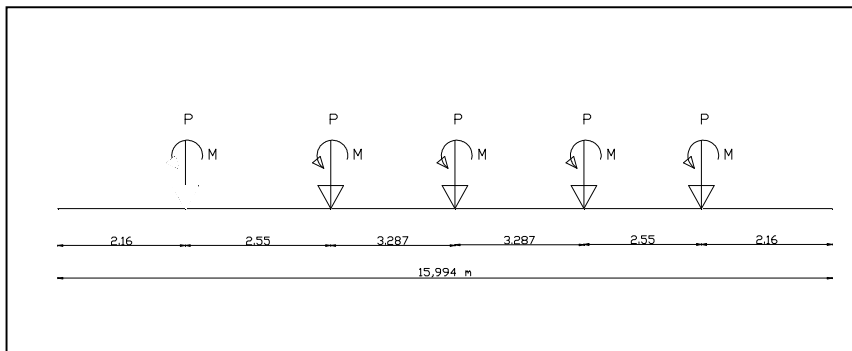
[MENÚ](#)

## A2.4. DISEÑO DE VIGA SOLERA

VIGAS H.	COMBINACIÓN	LONG. (m)	P (Ton)	V2 (Ton)	V3 (Ton)	T (Ton)	M2 (Ton.m)	M3 (ton.m)
B1933	DCON54 MAX	0	1.26	-0.02	0	-1.016	0.01	0.014
B1933	DCON54 MAX	0.166	1.26	0.02	0	-1.016	0.01	0.014
B1933	DCON54 MAX	0.166	1.18	-0.07	0	-0.645	0.009	0.008
B1933	DCON54 MAX	0.593	1.18	0.07	0	-0.645	0.009	0.01
B1933	DCON54 MAX	0.593	1.13	-0.84	0	-0.201	0.007	-0.429
B1933	DCON54 MAX	1.09	1.13	-0.61	0	-0.201	0.006	-0.066
B1933	DCON54 MAX	1.587	1.13	-0.31	0	-0.201	0.005	0.164
B1933	DCON54 MAX	2.084	1.13	0	0	-0.201	0.005	0.242
B1933	DCON54 MAX	2.581	1.13	0.3	0	-0.201	0.006	0.167
B1933	DCON54 MAX	3.078	1.13	0.61	0	-0.201	0.008	-0.059
B1933	DCON54 MAX	3.575	1.13	0.92	0	-0.201	0.01	-0.438
B1933	DCON54 MAX	3.575	1.15	-0.91	0.01	0.391	0.01	-0.437
B1933	DCON54 MAX	4.076	1.15	-0.6	0.01	0.391	0.011	-0.058
B1933	DCON54 MAX	4.576	1.15	-0.3	0.01	0.391	0.011	0.168
B1933	DCON54 MAX	5.076	1.15	0.01	0.01	0.391	0.012	0.239
B1933	DCON54 MAX	5.576	1.15	0.32	0.01	0.391	0.013	0.156
B1933	DCON54 MAX	6.076	1.15	0.58	0.01	0.391	0.014	-0.072
B1933	DCON54 MAX	6.577	1.15	0.76	0.01	0.391	0.014	-0.411
B1933	DCON54 MAX	6.577	1.22	-0.03	0	0.922	0.017	0.011
B1933	DCON54 MAX	6.84	1.22	0.03	0	0.922	0.018	0.011
B1933	DCON54 MIN	0	-0.05	-0.02	0	-1.482	-0.007	0.013
B1933	DCON54 MIN	0.166	-0.05	0.02	0	-1.482	-0.006	0.013
B1933	DCON54 MIN	0.166	-0.12	-0.07	-0.01	-0.871	-0.008	0.007
B1933	DCON54 MIN	0.593	-0.12	0.07	-0.01	-0.871	-0.004	0.009
B1933	DCON54 MIN	0.593	-0.17	-0.84	-0.01	-0.273	-0.008	-0.43
B1933	DCON54 MIN	1.09	-0.17	-0.61	-0.01	-0.273	-0.005	-0.067
B1933	DCON54 MIN	1.587	-0.17	-0.31	-0.01	-0.273	-0.003	0.162
B1933	DCON54 MIN	2.084	-0.17	0	-0.01	-0.273	-0.002	0.241
B1933	DCON54 MIN	2.581	-0.17	0.3	-0.01	-0.273	-0.001	0.167
B1933	DCON54 MIN	3.078	-0.17	0.61	-0.01	-0.273	-0.002	-0.06
B1933	DCON54 MIN	3.575	-0.17	0.91	-0.01	-0.273	-0.003	-0.439
B1933	DCON54 MIN	3.575	-0.15	-0.91	0	0.288	-0.003	-0.438
B1933	DCON54 MIN	4.076	-0.15	-0.61	0	0.288	-0.006	-0.059
B1933	DCON54 MIN	4.576	-0.15	-0.3	0	0.288	-0.008	0.167
B1933	DCON54 MIN	5.076	-0.15	0.01	0	0.288	-0.011	0.238
B1933	DCON54 MIN	5.576	-0.15	0.32	0	0.288	-0.013	0.155
B1933	DCON54 MIN	6.076	-0.15	0.58	0	0.288	-0.016	-0.073
B1933	DCON54 MIN	6.577	-0.15	0.76	0	0.288	-0.018	-0.412

B1933	DCON54 MIN	6.577	-0.08	-0.03	0	0.711	-0.017	0.009
B1933	DCON54 MIN	6.84	-0.08	0.03	0	0.711	-0.018	0.009
B1939	DCON54 MAX	0	0.23	-2.91	0	0.003	0.006	-3.425
B1939	DCON54 MAX	0.489	0.23	-2.74	0	0.003	0.005	-2.039
B1939	DCON54 MAX	0.977	0.23	-2.41	0	0.003	0.005	-0.774
B1939	DCON54 MAX	1.466	0.23	-1.95	0	0.003	0.004	0.297
B1939	DCON54 MAX	1.954	0.23	-1.46	0	0.003	0.004	1.133
B1939	DCON54 MAX	2.443	0.23	-0.97	0	0.003	0.003	1.73
B1939	DCON54 MAX	2.931	0.23	-0.49	0	0.003	0.003	2.087
B1939	DCON54 MAX	3.42	0.23	0	0	0.003	0.003	2.206
B1939	DCON54 MAX	3.909	0.23	0.49	0	0.003	0.004	2.086
B1939	DCON54 MAX	4.397	0.23	0.98	0	0.003	0.004	1.727
B1939	DCON54 MAX	4.886	0.23	1.47	0	0.003	0.004	1.13
B1939	DCON54 MAX	5.374	0.23	1.96	0	0.003	0.005	0.293
B1939	DCON54 MAX	5.863	0.23	2.42	0	0.003	0.005	-0.78
B1939	DCON54 MAX	6.351	0.23	2.74	0	0.003	0.006	-2.046
B1939	DCON54 MAX	6.84	0.23	2.92	0	0.003	0.007	-3.433
B1939	DCON54 MIN	0	-0.59	-2.91	0	0.002	-0.012	-3.443
B1939	DCON54 MIN	0.489	-0.59	-2.74	0	0.002	-0.011	-2.057
B1939	DCON54 MIN	0.977	-0.59	-2.42	0	0.002	-0.01	-0.791
B1939	DCON54 MIN	1.466	-0.59	-1.96	0	0.002	-0.01	0.28
B1939	DCON54 MIN	1.954	-0.59	-1.47	0	0.002	-0.009	1.116
B1939	DCON54 MIN	2.443	-0.59	-0.98	0	0.002	-0.009	1.712
B1939	DCON54 MIN	2.931	-0.59	-0.49	0	0.002	-0.009	2.069
B1939	DCON54 MIN	3.42	-0.59	0	0	0.002	-0.009	2.188
B1939	DCON54 MIN	3.909	-0.59	0.49	0	0.002	-0.009	2.067
B1939	DCON54 MIN	4.397	-0.59	0.98	0	0.002	-0.009	1.707
B1939	DCON54 MIN	4.886	-0.59	1.47	0	0.002	-0.01	1.109
B1939	DCON54 MIN	5.374	-0.59	1.96	0	0.002	-0.01	0.271
B1939	DCON54 MIN	5.863	-0.59	2.42	0	0.002	-0.011	-0.802
B1939	DCON54 MIN	6.351	-0.59	2.74	0	0.002	-0.011	-2.07
B1939	DCON54 MIN	6.84	-0.59	2.91	0	0.002	-0.012	-3.458

**DISEÑO DE VIGA SOLERA DE HORMIGON ARMADO**



Ingrese el valor de P = 1.64 tn  
 Ingrese el valor del M = 0.083 tn.m

$\Sigma pu = 8.2$  tn  
 $\Sigma M = 0$  65.5754 - 8.2 X  
 X = 7.997 m  
 e = 0 m

**Area requerida de la viga**

Ingrese el esfuerzo admisible = 120 Kg/cm<sup>2</sup>

$$A_{req} = \frac{P}{qa}$$

Areq = 68.33 cm<sup>2</sup>

Ancho de la viga B = 0.04272 cm



Se observa que el ancho requerido para la viga es mínimo, ya que no cumple ninguna función estructural, se adoptará un ancho de 25 cm para que distribuya de forma uniforme los esfuerzos sobre la estructura de ladrillo cruzado.

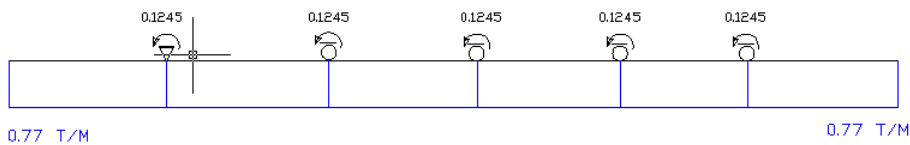
Area adoptada = 4.00 m<sup>2</sup>

Calculo de esfuerzos generados

$$q_{1,2} = \frac{P}{A} \left( 1 \pm \frac{6 * e}{L} \right)$$

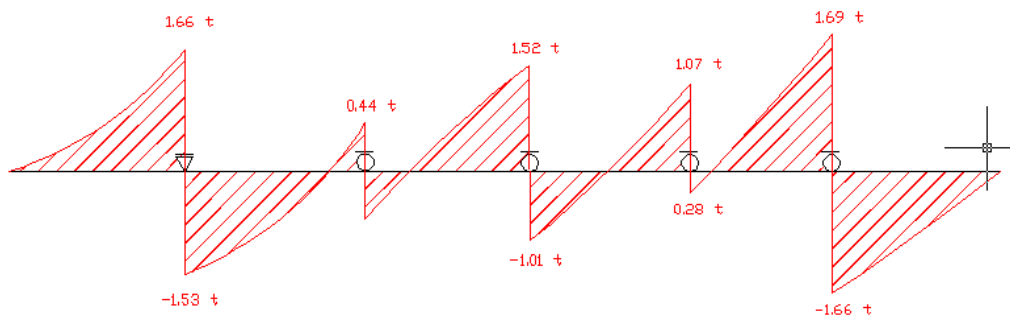
q<sub>1,2</sub>= 2.05 t/m<sup>2</sup>  
 mayoro por 1.5 3.08 t/m<sup>2</sup> 0.76875

El esfuerzo de 3.08 t/m<sup>2</sup> tengo que distribuirlo por el ancho de la viga es decir multiplico por 0.25 m dando una carga distribuida de 0.77 t/m a lo largo de la viga solera.

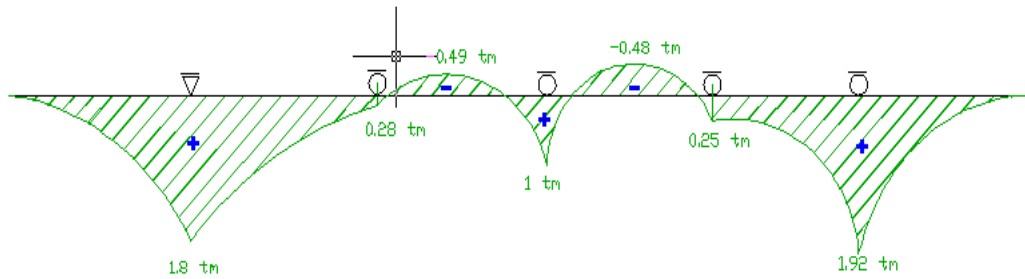


los diagramas de cortante y momento son los siguientes.

**D (V)**



**D(M)**



**DIMENSIONES DE LA VIGA SOLERA**

$$B = 0.25 \text{ m}$$

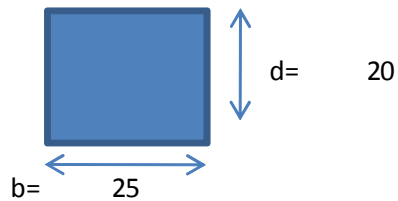
$$d(\text{cm}) = 7 * \sqrt{\frac{Mu(\text{tm})}{b(\text{m})}}$$

**Mu = 1.92 tm**

**d = 19.40 cm = 20 cm**

**h = d + recb**

**h = 25 cm**



Se calcula como viga rectangular para momentos positivos y como viga en T para momentos negativos.

**As minimo para momentos negativos.**

$$As1 = \frac{1.6\sqrt{f'c} * b * d}{fy}$$

$$As2 = \frac{0.8 * \sqrt{f'c} * b * d}{fy}$$

$$As3 = \frac{14}{fy} * b * d$$

**f'c= 210** Kg/cm<sup>2</sup>

**fy= 4200** Kg/cm<sup>2</sup>

**As1= 2.760** cm<sup>2</sup>

**As2= 1.38** cm<sup>2</sup>

**As3= 1.67** cm<sup>2</sup>

para momentos negativos la armadura mínima es 1.67 cm<sup>2</sup>

**As mínimo para momentos positivos.**

$$As3 = \frac{14}{fy} * b * d$$

**As3= 1.67** cm<sup>2</sup>

$$As = \frac{k}{fy} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * Mu}{\phi * K * d}} \right]$$

**k= 89250**

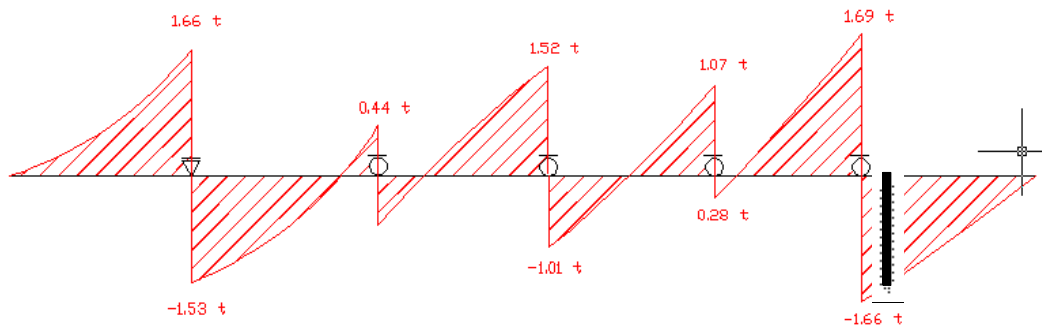
**Mu= 198000** kg.cm

**As= 2.80** cm<sup>2</sup>



Como se ve se tiene momentos negativos solo en dos partes de la viga pero se armara toda la viga para mantener la continuidad.

### DISEÑO A CORTANTE



Se calcula el corte a una distancia =  $\frac{bc\alpha l}{2} + d$  del cortante máximo.

distancia para verificar el corte = **32.5** cm **0.325** m

**Vu = 1.36** tn

**Esfuerzo cortante ultimo**

$$v_u = \frac{V_u}{\phi * b * d}$$

**vu = 3.20** Kg/cm<sup>2</sup>

**Capacidad resistente del hormigon simple.**

$$v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$$

**vc = 7.680** Kg/cm<sup>2</sup>

**vc > vu** *no requiere armadura por corte*

**Armadura minima por cortante**

como no requiere armadura minima por cortante se colocara estribos de 8 mm por lo que se calculara la distancia entre estribos.

$$s_{min} = \frac{A_v * f_y}{0.196 * \sqrt{f'_c} * b}$$

s min = 94.64 cm

***El espaciamiento maximos de los estribos sera a una distancia d a lo largo de la viga.***

***Es decir se colocara 1E8mm@20cm a lo largo de la viga***

# ANEXO 3

- **A3.1 DISEÑO DE PLACAS CON PERNOS.**

## DISEÑO DE PLACAS METÁLICAS CON PERNOS EN MADERA

Ingrese datos solo en el relleno

**Va a diseñar en madera verde o seca (V, S):**

V

Se asume un contenido de humedad del 30%

20

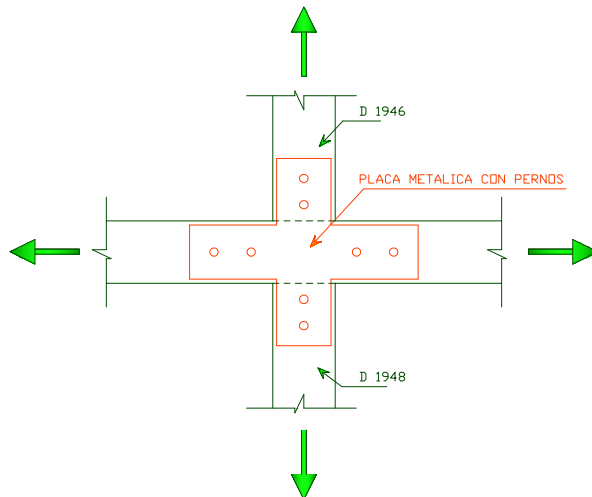
[ver tabla](#)

**Diseñar en base a: PADT REFORT1 ó Tesis2:**

2

2) Se toma los valores de cargas adm. en uniones según esta investigación

[ver tabla](#)



**Datos de SAP, ETABS ó Cualquier otro programa estructural:**

Elementos=

D1946 con D1948

Carga axial (Ton):

Primer miembro=

1.13

D1948

Segundo miembro=

0.49

D1946

**Ingrese código tipo de madera (1-3):**

2

Tipo de madera	Código	Grupo estructural	Código
Guayacán	1	GRUPO A	A
Eucalipto	2	GRUPO B	B
Fernansánchez	3	GRUPO C	C

**Carga admisible por perno en la placa:**

Angulo de inclinación de la unión:

Primer miembro=

0

Segundo miembro=

0

Carga admisible según madera (kg):

Primer miembro=

510

Segundo miembro=

510.0

**Escoja el tipo de acero de la placa:**

Ingrese código (1-6):

1

Esfuerzo de fluencia  $F_y$  (kg/cm<sup>2</sup>)=

2520

Esfuerzo de ruptura a tracción  $F_p$  (kg/cm<sup>2</sup>)=

3402

**Tipo de acero**

**Código**

A36

1

A441

2

A572

3

A242

4

A586

5

A514

6

Esfuerzo a la tensión $F_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )=	4060
Esfuerzo al corte $F_v$ (kg/cm <sup>2</sup> )=	1000



## ANÁLISIS

### 1.-ESPESOR DE LA PLACA

#### 1.1.-En función del aplastamiento de la placa:

$$e = \frac{P_{max}}{\#pernos \times d \times \text{planos de cizalle} \times F_p} \geq 1.00mm$$

Primer miembro(mm)=	1.00
Segundo miembro(mm)=	1.00
Espesor final de la placa (mm)=	1.00

#### 1.2.-En función del cortante de los pernos:

$$e = \frac{P_{max}}{\#pernos \times d \times \text{planos de cizalle} \times F_v} \geq 1.00mm$$

Primer miembro(mm)=	2.44
Segundo miembro(mm)=	1.06
Espesor final de la placa (mm)=	2.44
Espesor asumido (mm)=	4.00

### 2.-SEPARACION ENTRE PERNOS Y BORDES

Separacion entre pernos (cm) =	6
Separación de borde (cm) =	7

### 3.- LONGITUD MINIMA DE PERNOS O TIRAFONDOS

En función de diámetro del perno	
Longitud mínima (cm)=	10.16

### 4.- CARGA ADMISIBLE MAXIMA RESISTENTE

Esta en funcion del #de pernos y planos de cizalle:

<b>Carga admisible máxima de la unión (kg)=</b>	<u>2040.00</u>
<b>Carga máxima (kg) =</b>	<u>1130</u>
<b>Resiste la placa=</b>	<b>Si</b>

### 5.-SECCIONES FINALES

#### Placa

Largo (cm) =	20
Ancho (cm) =	14
Espesor (mm)	4.00

#### Pernos

Diametro(cm)=	1.27
Longitud(cm)=	10.16

[MENÚ](#)

# ANEXO 4

- **A4.1 PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES**