

FACTORES DE CORRECCION DE LOS ESFUERZOS
ULTIMOS EN EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA
SOMETIDOS A FLEXION

YESENIA COY GARZON
LUDWING PEREZ BUSTOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2005

FACTORES DE CORRECCION DE LOS ESFUERZOS
ULTIMOS EN EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA SOMETIDOS A
FLEXION

YESENIA COY GARZON
LUDWING PEREZ BUSTOS

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil

Director
RICARDO CRUZ HERNANDEZ
Ingeniero Civil Msc. Ph.D

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO – MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2005

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	
OBJETIVO GENERAL	
OBJETIVOS ESPECIFICOS	
1. MARCO TEORICO	1
1.1 CLASIFICACION ESTRUCTURAL	3
1.1.1 Madera dura o pesada	4
1.1.2 Madera medianamente pesada	4
1.1.3 Madera blanda	4
1.2 CLASIFICACION DE MADERAS EN GRUPOS ESTRUCTURALES	
1.3 PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA	5
1.3.1 resistencia a flexión paralela al grano	5
1.4 PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA	6
1.5 METODO DE ANALISIS	7
1.6 METODO DE DISEÑO	7
1.7 ESFUERZOS ADMISIBLES	8
1.7.1 factor de reducción por calidad F.C.	9
1.7.2 factor de servicio y seguridad F.S.	9
1.7.3 factor de reducción por tamaño F.T.	10
1.7.4 factor de duración de carga F.D.C.	10
1.8 CARACTERISTICAS MADERAS SELECCIONADAS	11
1.8.1 Pino	11
1.8.2 Arenillo	14
1.8.3 Sapan	17
2. ENSAYOS DE LABORATORIO	20
2.1 Sapan	22
2.2 Arenillo	26
2.3 Pino	30
3. FACTORES DE CORRECCION	34
3.1 MODULO DE ROTURA	35
3.1.1 Sapan	35
3.1.2 Arenillo	41
3.1.3 Pino	45

4. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	49
4.1 SAPAN	51
4.2 ARENILLO	55
4.3 PINO	50
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	61

LISTA DE CUADROS

- Cuadro No. 1 Esfuerzos Admisibles (Tabla 6.2.1 NSR-98)
- Cuadro No. 2 Factor de Corrección
- Cuadro No. 3 Propiedades Físicas del Pino
- Cuadro No. 4 Propiedades Mecánicas del Pino
- Cuadro No. 5 Propiedades Físicas del Arenillo
- Cuadro No. 6 Propiedades Mecánicas del Arenillo
- Cuadro No. 7 Propiedades Físicas del Sapan
- Cuadro No. 8 Propiedades Mecánicas del Sapan
- Cuadro No. 9 Datos Obtenidos del Ensayo (Sapan)
- Cuadro No. 10 Datos Obtenidos del Ensayo (Arenillo)
- Cuadro No. 11 Datos Obtenidos del Ensayo (Pino)
- Cuadro No. 12 Parámetros Estadísticos del Factor de Corrección para el Sapan
- Cuadro No. 13 Calculo de los Factores para la determinación del MOR (Sapan)
- Cuadro No. 14 Parámetros Estadísticos del Factor de Corrección para el Arenillo
- Cuadro No. 15 Calculo de los Factores para la determinación del MOR (Arenillo)
- Cuadro No. 16 Parámetros Estadísticos del Factor de Corrección para el Pino
- Cuadro No. 17 Calculo de los Factores para la determinación del MOR (Pino)
- Cuadro No. 18 Resumen del Factor de Corrección y Ecuaciones de línea media
- Cuadro No. 19 Factores de Corrección de esfuerzos Últimos (NSR-98)
- Cuadro No. 20 Cuadro Factores de Corrección para cada grupo de madera
- Cuadro No. 21 Comparación de Factores NSR-98 vs. Calculado

LISTA DE GRAFICAS

Grafica No. 1 Curva Carga vs. Deformación para el Sapan
Grafica No. 2 Curva Carga vs. Deformación para el Arenillo

Grafica No. 3 Curva Carga vs. Deformación para el Pino
Grafica No. 4 Factor de corrección para el Sapan

Grafica No. 5 Factor de corrección para el Arenillo

Grafica No. 6 Factor de Corrección para el Pino
Grafica No. 7 Factores de Corrección

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía No. 1 Maquina Universal de ensayos para Maderas - Marca AMSLER
TIPO 4 DBZF 120

Fotografía No. 2 Ensayo a Flexión - Maquina Universal marca AMSLER

Fotografía No. 3 Probetas de Sapan para Ensayo

Fotografía No. 4 Probetas de Arenillo para Ensayo

Fotografía No. 5 Probetas de Pino para Ensayo

TITULO: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LOS ESFUERZOS ULTIMOS EN EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MADERA SOMETIDOS A FLEXIÓN*

AUTORES: YESENIA COY GARZON
LUDWING PEREZ BUSTOS**

PALABRAS CLAVES: Variables iniciales del diseño con maderas a flexión.

DESCRIPCIÓN: La madera es un material anisotropico, por este hecho se ha determinado una clasificación que las agrupa por densidades básicas y su resistencia es directamente proporcional a la densidad.

El alcance del proyecto es poder determinar los factores de corrección para cada grupo de clasificación. La carencia de una adecuada cultura de trabajo con la madera, así como el desconocimiento de ciertos aspectos de diseño ha conllevado a que los ingenieros y constructores no hagan efectivas en su totalidad las bondades de la madera como material estructural. Lo anterior se traduce en el poco esfuerzo que se hace por evaluar los factores involucrados en el diseño que corresponde a las propiedades de cada grupo de madera.

Inicialmente se identifican las características de uso en construcción y distribución geográfica en Colombia de cada madera, las maderas a seleccionar deben cumplir condiciones de explotación suficiente legal y de fácil comercialización, en el laboratorio se fallan las probetas a flexión para con los resultados obtenidos calcular el módulo de resistencia a flexión (MOR), y plantear las hipótesis de valoración de los factores de corrección. Para cada madera se determinaron todos y cada uno de los factores, al compararlos con los dados en la norma sismorresistente NSR-98, se manejan errores del orden del 20%. La investigación sigue abierta, todavía se deben plantear y evaluar las variables que definen los factores de corrección.

*Trabajo de Investigación

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas, escuela de Ingeniería Civil, Director de proyecto Ingeniero Ricardo Cruz Hernandez

TITLE: FACTORS OF CORRECTION OF THE PRINCIPAL STRESSES IN THE DESIGN OF ELEMENTS OF WOOD SUBMITTED TO FLEXION *

AUTHORS: YESENIA COY GARZON
LUDWING PÉREZ BUSTOS **

KEY WORDS: Initial variables in the wood design to flexion.

DESCRIPTION: The wood is an anisotropic material, According to this fact a classification has been determined in which one the wood is classified in basic densities and its resistance is directly proportional to the density.

The project's reach is to be able to determinate the correction factors for each classification group. The lack of an appropriate work culture with the wood, as well as the ignorance of certain design aspects that as made the engineers and manufacturers don't make effective in its entirety the kindness of the wood like structural material. The above-mentioned is translated in the little effort made to evaluate the factors involved in the design that corresponds to the properties of each wooden group.

Initially the characteristics used in construction and geographical distribution in Colombia of each wood, are identified. The wood selected should complete conditions of exploitation enough legal and easy commercialization, in the laboratory the test tubes are failed to flexion towards the obtained results to calculate the resistance module to flexion (MOR), and to outline the hypotheses of valuation of the correction factors. For each wood all the factors were determined, and when comparing them with the ones in the Norma Sismo Resistente NSR-98, the errors were around the order of 20%. The investigation continues open; it should continue to evaluate the variables that define the correction factors.

* Work of Investigation

** Ability of physical-mechanical engineering, school of Civil Engineering, Director of project Engineer Ricardo Cruz Hernandez

INTRODUCCION

En nuestro país, el uso de la madera en el sector de la construcción se ve restringido por la insuficiencia de conocimientos técnicos de infraestructura, de procedimiento adecuado de normas y además de perjuicios derivados del desconocimiento del material por parte de los usuarios.

Esta situación determino el enfoque general de la investigación, evaluar los factores de corrección de los esfuerzos últimos al momento de diseñar elementos estructurales sometidos a flexión.

La situación planteada en la Norma Sismorresistente NSR-98, define un único valor para el factor de corrección sin tener en cuenta la clasificación por densidad hecha para cada madera estructuralmente.

El alcance del proyecto se limita a estudiar un tipo de madera de características propias de cada grupo estructural (A, B, C) a partir de información obtenida en ensayos de laboratorio y de procedimientos establecidos en el manual de diseño para maderas del grupo andino.

La investigación se agrupa por capítulos que contienen la información precisa y de manera puntual, expresada en tablas y gráficos que dejan ver claramente los resultados y las conclusiones obtenidas.

En el capítulo uno, se dan los principios teóricos y parámetros que definen los factores y características propias de clasificación de cada espécimen, En el capítulo dos encontramos los avances realizados en el laboratorio, para así evaluar los factores de corrección propios de cada espécimen en el capítulo tercero; Finalmente en el cuarto capítulo se hacen las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Se espera que esta investigación motive a los ingenieros y constructores a presentar propuestas que incluyan la madera como material preponderante y además incitar a conocer y ahondar más en las bondades de la madera.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Valorar los factores de corrección de los esfuerzos últimos a flexión mediante ensayos de laboratorio y aplicación de la teoría de diseño de resistencia última utilizada en el diseño de elementos de madera con densidad básica A, B y C.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Clasificar y seleccionar las especies de uso comercial en construcción.
- Definir el tipo de madera a utilizar en la investigación y determinar las condiciones de selección.
- Determinar el módulo de rotura de las probetas por medio de ensayos a flexión y aplicando las teorías de probabilidad y estadística.
- Determinar los factores de corrección de esfuerzos últimos para aplicar en el análisis de esfuerzos admisibles para madera en Colombia usadas en construcción.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

1. MARCO TEORICO

Los factores de corrección de esfuerzos últimos para el diseño de elementos de madera por el METODO DE ESFUERZOS ADMISIBLES están determinados de manera global; La madera como tal es un material anisotrópico, es decir, presenta propiedades mecánicas diferentes en direcciones diferentes, por este hecho se ha determinado una clasificación que las agrupa por densidades básicas y que tiene una marcada influencia en la resistencia mecánica de ésta; Los resultados arrojados de trabajos de laboratorio realizados por el grupo de la PADT-REFORT determinaron que la resistencia es directamente proporcional a la densidad, es decir, a mayor densidad mayor resistencia.

El alcance del proyecto es poder determinar los factores de corrección para los esfuerzos últimos en el diseño de elementos de madera sometidos a flexión para cada grupo de clasificación que existen de acuerdo a su densidad básica. (Grupo A: $D.B. > 0.71 \text{ gr./cm}^3$; Grupo B: $0.56 \text{ gr./cm}^3 < D.B. < 0.7 \text{ gr./cm}^3$; Grupo C: $0.4 \text{ gr./cm}^3 < D.B. < 0.55 \text{ gr./cm}^3$). Es decir reducir la resistencia en vez de incrementar las cargas.

El proyecto tiene dos fases. La primera se desarrolla en el laboratorio. La segunda trata de los requerimientos de diseño del uso de la madera como material de construcción y es complementaria al ciclo de la primera fase.

Se hace un proceso de selección del espécimen a ensayar y que representa a cada grupo de clasificación; El proceso de selección establece los siguientes requerimientos:

- Especies con un volumen explotable suficiente y actual.
- Especies aptas para plantaciones o para la reforestación.
- Especies de las que se conocen sus propiedades.
- Especies cuyo uso en construcción es ya tradicional y que en la actualidad se comercializan.

Una vez seleccionada la madera las probetas deben cumplir con los requerimientos de clasificación visual, es decir, probetas libres de defectos:

- Alabeo
- Arista faltante

- Duramen quebradizo
- Escamadura
- Fallas de compresión
- Grano inclinado
- Grieta
- Medula
- Nudo
- Parénquima
- Perforaciones
- Pudrición
- Rajaduras

Para el desarrollo de la primera fase, la fase de ensayos de laboratorio; el ensayo a realizar es el de flexión para cuyo desarrollo se utiliza la maquina Universal Amsler tipo 4 DBZF120 para ensayos de madera con una carga 400Kg. Las probetas tienen dimensiones de sección cuadrada de 2 x 2 cm. y longitud de 30 cm.

1.1 CLASIFICACION ESTRUCTURAL

Se denominan maderas de construcción estructural a aquellas que constituyen el armazón estructural de la edificación. Es decir forma la parte resistente de componentes como muros o paredes, pisos, techos. La característica común a todos estos elementos es su función resistente.

Las condiciones que debe satisfacer este material son las siguientes:

1. Debe ser material clasificado como de calidad estructural para lo cual debe cumplir con la norma de clasificación visual por defectos que se presenta en la Norma Sismo Resistente NSR-98 (G-A.2 clasificación visual por defectos de la madera estructural).
2. Debe ser madera proveniente de las especies forestales consideradas como adecuadas para construir y que se presentan agrupadas en las presentadas a continuación.
3. Deben ser piezas de madera dimensionadas de acuerdo a las secciones comerciales preferenciales.

Las especies que se presentan en los grupos de clasificación son aquellas para las cuales se han efectuado ensayos en vigas a escala natural, verificándose que las propiedades de la especie correspondan a las del grupo asignado. Es por ello necesario que todas las piezas de madera que se usan para la estructura de la edificación satisfagan los requerimientos mencionados.

Estructuralmente la madera se clasifica por uso según su densidad en:

1.1.1 Madera dura o pesada: comprende a las maderas pesadas y muy pesadas con densidades entre 0.8 gr./cm^3 y 1.13 gr./cm^3 , al 15% de contenido de humedad Durabilidad natural alta y no necesita tratamiento preservador.

1.1.2 Madera medianamente dura: Incluye a las maderas medianas o medianamente pesadas. Densidad entre 0.72 gr./cm^3 a 0.88 gr./cm^3 . Algunas se pueden considerar pesadas pero su durabilidad natural no es muy alta en condiciones tropicales, por lo tanto se recomienda usarlas con tratamiento preservador.

1.1.3 Maderas blandas: Consideras así a las especies relativamente poco densas o livianas comprendidas entre densidades de 0.4 gr/cm^3 a 0.72 gr/cm^3 al 15% de contenido de humedad. Son las maderas denominadas de utilidad general. No son muy durables en climas tropicales, pero tratadas convenientemente pueden usarse en construcción con éxito.

1.2 CLASIFICACION DE MADERAS EN GRUPOS ESTRUCTURALES

El número de maderas que pueden ser adecuadas para la construcción es muy grande, mucho mayor que el número de especies que actualmente se conocen y se destinan a esta aplicación. Para evitar la selectividad de los usuarios hacia una o pocas especies conocidas cuando existen otras de características similares, se ha considerado adecuado agrupar a las especies ensayadas en tres grupos estructurales. Esto debe permitir mayor flexibilidad en el uso de las maderas, evitando presencias injustificadas que incrementen los precios del material.

Este agrupamiento es válido solamente para maderas que satisfacen la norma de clasificación visual.

La clasificación mecánica según su densidad básica corresponde a los tres siguientes grupos (NSR-98, G.1.3.4):

GRUPO A: Madera con densidad básica superior a 710 Kg./m³

GRUPO B: Madera con densidades básicas entre 560 Kg./m³ y 700 Kg./m³

GRUPO C: Madera con densidades básicas menores a 550 Kg./m³

1.3 PROPIEDADES RESISTENTES DE LA MADERA [Ref. 1]...

1.3.1 RESISTENCIA A LA FLEXION PARALELA AL GRANO: La diferencia entre la resistencia a la tracción y a la compresión paralela resulta en un comportamiento característico de las vigas de madera en flexión. Como la resistencia a la compresión es menor que a la tracción, la madera falla primero en la zona de compresión. Con ello se incrementan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro se desplaza hacia la zona de tracción lo que hace aumentar rápidamente las deformaciones totales; finalmente la pieza se rompe por tracción. En vigas secas, sin embargo, no se presenta primeramente una falla visible en la zona de compresión sino que ocurre directamente la falla por tracción. Esta información experimental evidencia la hipótesis de Navier sobre la permanencia de la sección plana durante la deformación no se cumple, y la aplicación de las fórmulas de la teoría de vigas para el cálculo de los esfuerzos no es estrictamente aplicable. Por lo tanto la resistencia a la flexión así estimada resulta en esfuerzos mayores que los de compresión y menores que los de tracción. En ensayos de probetas pequeñas libres de defectos los valores promedio de la resistencia a la flexión varían entre 200 y 1700 Kg. /cm² dependiendo de la densidad de la especie y del contenido de humedad.

... Ref. 1 Manual de diseño para maderas del grupo andino. 1-24

1.4 PROPIEDADES FISICAS DE LA MADERA

De las propiedades físicas la que reviste más importancia para el usuario de las maderas es la Densidad. La densidad es un indicativo de cuanto material leñoso en gramos presenta un madero por unidad de volumen. Es la relación entre el peso y el volumen de una madera y viene expresada en g/cm^3 .

Las maderas de densidades altas, generalmente presentan células con cavidades estrechas, en donde lo general es la presencia de muchos espacios porosos o vacíos. Además de la variación en densidades por la cantidad de materia sólida leñosa, la densidad también varía según el contenido de humedad (CH%) de la madera y con el contenido de sustancias en las células. Asimismo, la densidad varía con la posición de la pieza de madera en el tronco.

Existe una relación directa de la densidad con las propiedades mecánicas (a mayor resistencia, mayor densidad). Por lo general las maderas densas son más durables que las maderas livianas. Generalmente las maderas densas, son difíciles para trabajarlas, secarlas y para su inmunizado.

La densidad básica D.B. se define como el cociente entre la masa en estado anhidro (madera secada al horno) y el volumen de la madera en estado verde. Por ser la masa numéricamente igual al peso, con fines prácticos se puede utilizar el peso específico aparente básico, definido como el cociente entre el peso anhidro y el volumen verde en lugar de la densidad básica.

1.5 METODOS DE ANALISIS

La madera es un material anisotrópico, es decir, presenta propiedades mecánicas en direcciones diferentes. El comportamiento bajo carga de un elemento de madera es distinto del que tendría un elemento de material homogéneo e isotrópico. Para fines de ingeniería, sin embargo, la madera puede ser tratada como un material ortotrópico con direcciones características definidas por la orientación de las fibras, mas aun al analizar elementos lineales, tales como vigas o columnas puede considerarse al material como si fuera homogéneo e isotrópico. Por lo general, se considera adecuado analizar estructuras o elementos estructurales de madera suponiendo comportamiento lineal, ya que para niveles de carga que producen esfuerzos por debajo de los admisibles, el comportamiento es esencialmente lineal.

1.6 METODO DE DISEÑO

La tendencia en diseño estructural es hacia el diseño en resistencia última o diseño límite.

Este permite la consideración por separado de la incertidumbre en las cargas, los métodos de análisis y la resistencia del material, en lugar de utilizar un único factor de seguridad resultando en diseño algo más eficiente. Sin embargo, la limitada información de que se dispone por el momento con relación a estructuras construidas con madera tropicales hace implacable el diseño en condiciones límites. La investigación necesariamente deberá concentrarse en la determinación de los factores de carga y sus combinaciones, así como en los factores de reducción de resistencia. El objetivo será diseñar estructuras con la misma confiabilidad de resistencia medida en términos de probabilidad de falla que la que se conseguirá con otros materiales. Por lo tanto a diferencia del diseño de hormigón armado y en acero donde se usan métodos de resistencia última las estructuras de madera se diseñan por *MÉTODOS DE ESFUERZOS ADMISIBLES*. Reduciendo su resistencia en vez de incrementar las cargas.

Los esfuerzos admisibles consideran un factor establecido de acuerdo a los criterios tradicionales para lograr un comportamiento dentro del rango elástico del material y tomando en cuenta que las cargas actuantes se estiman en su valor real.

1.7 ESFUERZOS ADMISIBLES

Los esfuerzos admisibles presentados en la tabla están basados en resultados de ensayos con probetas pequeñas libres de defectos. Estos ensayos se han realizado de acuerdo con las normas del comité panamericano de normas técnicas (COPANT) y de la American Society for Testing and Materials (ASTM D-143).

Los esfuerzos de diseño que se presentan a continuación son exclusivamente aplicables a madera estructural que cumple en su totalidad con la norma de clasificación visual.

Cuadro No. 1 Esfuerzos Admisibles (Tabla 6.2.1 NSR-98)

grupo	Flexión Fm	Tracción paralela Ft	Compresión paralela Fc//	Compresión perpendicular Fc	Corte paralelo Fv
A	210	145	145	40	15
B	150	105	110	28	12
C	100	75	80	15	8

Los esfuerzos admisibles o de diseño se obtuvieron modificando las resistencias últimas mínimas de la siguiente forma:

$$esfuerzo\ admisible = \frac{F.C. * F.T}{F.S. * F.D.C.} * esfuerzo\ ultimo$$

DONDE:

- F.C. = FACTOR DE REDUCCION POR CALIDAD
- F.T. = FACTOR DE REDUCCION POR TAMAÑO
- F.S. = FACTOR DE SERVICIO Y SEGURIDAD
- F.D.C = FACTOR DE DURACION DE CARGA

1.7.1 FACTOR DE REDUCCION DE CALIDAD, F.C.: [Ref. 1] se efectúan en vigas a escala natural para determinar un factor de reducción de resistencia por defectos y por tamaño. Los estudios estadísticos efectuados para el estudio de la variación del F.C. determinaron que se adopte un factor 0.8

$$F.C. = \frac{MOR_{vigas}}{MOR_{probetas}}$$

1.7.2 FACTOR DE SERVICIO Y SEGURIDAD, F.S.: [Ref. 1] Como el diseño se efectúa para condiciones de servicio, los esfuerzos últimos deben ser deducidos también a estas condiciones por debajo del límite de proporcionalidad. Esto garantiza un comportamiento adecuado de las estructuras en condiciones normales, así como la validez de las hipótesis de comportamiento lineal y elástico.

Los esfuerzos en condiciones de servicio se obtuvieron dividiendo los correspondientes esfuerzos últimos entre un factor de seguridad y servicio que considera las incertidumbres respecto a:

1. conocimiento de las propiedades del material y su variabilidad
2. la confiabilidad de los ensayos para evaluar adecuadamente las características resistentes del material
3. la presencia de defectos no detectados al momento de la clasificación visual
4. el tipos de falla, frágil o dúctil que pueda presentarse al sobre-esforzar el material
5. la evaluación de las cargas aplicadas y la determinación de los esfuerzos internos producidos por estas cargas en los elementos estructurales
6. dimensiones reales de los elementos con respecto a las supuestas en el análisis y el diseño
7. calidad de la mano de obra para una construcción adecuada
8. deterioro del material con el uso

También son consideraciones que pueden tener importancia:

9. el riesgo de falla en función de la importancia del elemento o de la edificación y su relación con vidas humanas
10. el aumento de las cargas por posibles cambio en el destino o uso de la edificación

1.7.3. FACTOR DE REDUCCION POR TAMAÑO, F.T.: [Ref. 1] En elementos de madera se observa una disminución del esfuerzo de rotura en flexión a medida que se consideran secciones de mayor tamaño. El tamaño también influye en los esfuerzos de rotura en tracción paralela a las fibras y en menor grado en la resistencia a otros tipos de sollicitación. Se han adoptado el criterio de Bohannon para la reducción de resistencia por tamaño:

$$\frac{\text{resistencia para peralte}(h)}{\text{resistencia en probetas}(h = 5)} = \left(\frac{5}{h}\right)^{\frac{1}{9}}$$

Para los esfuerzos producidos por flexión o tracción paralela a las fibras.

1.7.4. FACTOR DE DURACION DE CARGA, F.D.C: [Ref. 1] Los esfuerzos de rotura de la madera disminuyen con la duración de la aplicaron de la carga.

Tradicionalmente se han considerado por este concepto factores de reducción tan altos como 1.78.

Cuadro No. 2 Factor de Corrección

FACTOR DE CORRECCION	
F.C.	0.80
F.T.	0.90
F.S.	2.00
F.D.C.	1.15

1.8 CARACTERISTICAS DE LOS ESPECIMENES SELECCIONADOS

1.8.1 PINO

Nombre científico: Pinus patula schlecht et cham

Familia: Pinaceae

Otros nombre comunes: Pino patula, Pino candelabro, pino colorado, pino llorón, pino gelecate.

Distribución geográfica: Se encuentra en estado natural formando rodales puros en México y sur – oeste de Estados Unidos. Ha sido introducido en Sudáfrica, Rodesia del sur, Madagascar, Nueva Zelanda y Argentina. En Colombia ha dado buenos resultados en el valle del Cauca, Cauca, Antioquia, Cundinamarca y Santanderes.

Características sobresalientes del árbol: Árbol que alcanza hasta 4 metros de altura y un diámetro de 1.20 metros. Trinco cónico, recto y sin bambas. Posee ramas en verticilos, las cuales empiezan a formarse desde la base. La corteza en árboles jóvenes y ramitas es delgada y escamosa, de color café rojizo. En árboles maduros es fisurada gruesa y de color café oscuro grisácea. Hojas en grupos de 3 y a veces 4, raramente 5 en algunos fascículos; de unos 15 – 30 cm. De longitud aciculares, delgadas, cortantes, verticalmente caídas. De color verde

brillante, con bordes finamente aserrados. Flores en aumentos que forman conos largamente cónicos de 7 – 9 cm. Hasta 12 cm., sésiles. Algo encorvados, oblicuos y puntiagudos y por lo general agrupados de 3 – 6. En Colombia y demás países donde se ha introducido la especie, ha presentado un excelente desarrollo, convirtiéndose por lo tanto en una especie maderable y útil para programas de reforestación en zonas altas. Crece en las formaciones vegetales: Bosques húmedos y muy húmedo montano bajo. En su distribución natural forma parte de los bosques nublados y asociado con las especies: Pinus ayacahuite, pinus michoacana, pinus lunholtzii y pinus leiophylla.

Características externas de la madera: La albura es de color amarillento y el duramen presenta un color rojizo claro. A veces forma anillos de crecimiento bien definidos, Olor y sabor ausentes o no distintivos, salvo cuando se está aserrando que se produce un olor agradable de la resina que exuda. Grano recto. Textura mediana. Veteado de bonita apariencia sujeto a la formación de anillos de crecimiento.

Secado: Seca relativamente bien tanto en el secado al aire libre como artificial, presentándose en ambos métodos torceduras que pueden hasta inutilizar por completo la pieza de madera.

Durabilidad Natural: Se puede considerar como no durable y es muy susceptible al ataque de hongos cromógenos (mancha azul) e insectos. Así mismo, es muy susceptible al ataque de hongos xilófagos.

Preservación: Madera es difícil de tratar por el sistema de difusión y es fácilmente tratable por los sistemas de inmersión, baño caliente y frío y vacío – presión.

Usos actuales: Como madera tipo estructural utilizando luces ciertas, teleras, casetones, cielo rasos, enchapes. La madera redonda inmunizada, se utiliza en juegos infantiles para parques y sitios de recreación, para la construcción de defensas de las carreteras.

Usos potenciales: Para chapas, baja-lenguas, en forma de madera laminada y densificada se puede usar en mangos para herramientas, objetos torneados y

vigas. Contrachapados (triples) y en la construcción de módulos en forma de productos a base de madera: Tablex, madera-cemento, fibra-cemento.

Cuadro No. 3 Propiedades Físicas del Pino [Ref. 2]...

DENSIDAD g/cm ³	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BASICA
		0.96	0.53	0.49
CONTRACION NORMAL %	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA	T/R
	3.74	1.8	5.54	2.07
CONTRACCION TOTAL %	7.60	4.28	11.88	1.77

Cuadro No. 4 Propiedades Mecánicas del Pino

CONDICI ON % CH	FLEXION ESTATICA			COMPRESION			
	ELP Kg/c m ²	MOR Kg/c m ²	MOE*1 0 ³ Kg/cm ²	PARALELA			PERPENDICU LAR
				ELP Kg/c m ²	MOR Kg/c m ²	MOE*1 0 ³ Kg/cm ²	ELP Kg/cm ²
VERDE + 30 %	242	413	85.9	139	175	137.56	25
SECO AL AIRE 12%	467	759	99.6	255	372	---	51

... Ref. 2 Las maderas en Colombia, Universidad Nacional SENA, Medellín Colombia

CONDICION CH %	DUREZA Kg.				EXTRAC. CLAVOS Kg.				CIZALL A. Kg/cm ²	TEN A. Kg- m
	RA D.	TAN G.	LA T.	EX T.	LA T.	EX T.	RA D.	TAN G.	TANG.	RAD .
VERDE + 30%	207	218	213	176	59	28	57	61	54	0.8
SECO AL AIRE 12%	327	350	339	449	--	1.8 8	---	70.1 7	99	0.6

ELP: Esfuerzo en el limite proporcional

MOR: Módulo de ruptura

MOE: Módulo de elasticidad.

1.8.2 ARENILLO

Nombre científico: *Catostemma comune* sandw

Familia: Bombacaceae

Otros nombres Comunes: Macondo, Orogogueí, Zumasema, Baramán, Baramani, Barrigudo, Rouge, Baromalli, Bonga.

Distribución geográfica: Se encuentra desde Panamá, Guayanas, Brasil hasta Venezuela. En Colombia se halla en Magdalena Medio (Carare – Opón y Serranía de San Lucas), la Amazonia y el Chocó.

Características sobresalientes del árbol: Árbol que alcanza una altura hasta de 35m y un diámetro hasta 1.0 m. Tronco recto, con raíces tablares largas. La corteza interna es de color amarillo claro. Las hojas son simples, alternas, coriáceas, glabras y con estípulas caedizas. Las flores son fasciculadas,

dispuestas axialmente, vistosas y de color blanquecino. El fruto es tipo capsular. Crece en la formación vegetal bosque húmedo tropical.

Características externas de la madera: La albura es de color amarillo pálido, con transición gradual a duramen de color marrón amarillento fuerte. Olor y sabor ausente no distintivos, Brillo de mediano a bajo. Grano de recto a oblicuo. Textura gruesa veteada en arcos superpuestos y jaspeado.

Secado: La madera seca lentamente al aire libre, con tendencia a presentar deformaciones y agrietamientos leves. Se recomienda como horarios de secado el M de la junta de I acuerdo de Cartagena.

Preservación: Es una madera muy fácil de tratar, presentando la albura y el duramen una retención superior a 200 Kg./m³ y una penetración total, cuando se le somete a los sistemas vacío-presión o inmersión.

Trabajabilidad: La madera es fácil de labrar con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado. Los contenidos de resina en células desafilan el borde cortante de las herramientas, por lo cual se recomienda usarlo con filos reforzados.

Durabilidad natural: Es considerada no resistente al ataque de hongos, insectos y perforadores marinos, con una duración en uso exterior de un año.

Usos actuales: Construcciones normales en interiores, carpintería sencilla, pisos.

Usos potenciales: Construcciones normales sin mayor exigencia a la estabilidad dimensional, plataformas de carga y machihembrado.

Cuadro No. 5 Propiedades Físicas del Arenillo [Ref. 2]...

DENSIDAD g/cm ³	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BASICA
	0.86	0.63	0.60	0.56
CONTRACION NORMAL %	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA	T/R
	6.0	2.9	8.9	2.06
CONTRACCION TOTAL %	10.9	5.8	16.7	1.87

Cuadro No. 6 Propiedades Mecánicas del Arenillo

CONDICI ON % CH	FLEXION ESTATICA			COMPRESION			
	ELP Kg/c m ²	MOR Kg/c m ²	MOE*1 0 ³ Kg/cm ²	PARALELA			PERPENDICU LAR
				ELP Kg/c m ²	MOR Kg/c m ²	MOE*1 0 ³ Kg/cm ²	ELP Kg/cm ²
VERDE + 30 %	363	647	122	----	258	----	23
SECO AL AIRE 12%	518	868	137	----	527	---	45

... Ref. 2 Las maderas en Colombia, Universidad Nacional SENA, Medellín Colombia

CONDICION N CH %	DUREZA Kg		EXTRAC. CLAVOS Kg		CIZALLADUR A Kg/cm ²	TENACIDA D Kg-m
	LADO S	EXTREMO S	RAD .	TANG .	TANG.	RAD.
VERDE + 30%	259	276	----	----	52	0.96
SECO AL AIRE 12%	327	350	----	-----	71	1.19

1.8.3 SAPAN

Nombre científico: *Clahrotropis brachypetala*

Familia: Fabaceae

Otros nombres comunes: Bizcocho, Butete-e, Fariñero, Kabari, Kajarú, Kuddo-manana, Maíz tostado, Chontquiera, Aromata, Mayaro poui.

Distribución geográfica: Se encuentra desde la Guayana Británica, Trinidad y Tobago, Surinam, Granada, Venezuela, Brasil hasta Perú. En Colombia se halla en el Magdalena Medio (Zona Carare-Opón y Serranía de San Lucas), la Amazonia y en Antioquia (San Carlos, Río Samaná Norte y San Luís).

Características sobresalientes del árbol: Árbol alcanza una altura hasta de 35m y un diámetro de 0.90m. Tronco recto, cilíndrico y sin aletones en su base. La corteza externa es de color pardo blancuzca y ligeramente rugosa. La corteza interna es de color rosáceo. Las hojas son alternas compuestas, imparipinada con estípulas, hojuelas elíptico-oblongas hasta de unos 25 cm. De largo, la última abobada. Las flores son pequeñas de color lila y dispuestas en panículas y

terminales. El fruto es una legumbre oblonga y aplanada. Crece en la formación vegetal bosque húmedo tropical y en algunos sitios tiende a formar bosques homogéneos.

Características externas de la madera: La albura es de color rosado, claro, con transición abrupta a duramen de color castaño oscuro o castaño claro, a veces son manchas grandes bien definidas y muy conspicuas de color castaño amarillento y con vetas finas. Grano recto entrecruzado. Textura mediana, brillo mediano, vetado muy acentuado.

Secado: La madera es moderadamente difícil de secar al aire libre, presentando deformaciones y ocasionalmente grietas superficial.

Durabilidad natural: Muy resistentes al ataque de hongos y moderadamente resistentes al ataque de termitas, es moderadamente durables en contacto con el suelo; probablemente sea resistente a los taladrones marinos, debido a su contenido de sílice.

Trabajabilidad: La madera es moderadamente difícil de labrar con herramientas manuales y en las diferentes operaciones de maquinado. Se recomienda utilizar herramientas de metal duro. Requiere mucho lijado y sellador, pero ofrece un buen acabado. Resistente a la penetración de clavos y tornillos, con tendencia a agrietarse. Fácil de encolar y torneear.

Usos actuales: Construcciones pesadas, armazones y cubiertas de barcos, revestimientos interiores, viguetas y puentes.

Cuadro No. 7 Propiedades Físicas del Sapan [Ref. 2]...

DENSIDAD g/cm ³	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BASICA
	1.22	0.97	0.93	0.82
CONTRACION NORMAL %	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA	T/R
	2.15	1.63	3.78	1.31
CONTRACCION TOTAL %	6.69	5.02	11.71	1.33

Cuadro No. 8 Propiedades Mecánicas del Sapan [Ref. 2]...

CONDICION % CH	FLEXION ESTATICA			COMPRESION		
	ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²	MOE*10 ³ Kg/cm ²	PARALELA		PERPENDICULAR
				ELP Kg/cm ²	MOR Kg/cm ²	ELP Kg/cm ²
VERDE + 30%	----	----	----	----	----	----
SECO AL AIRE 12%	1254	2012	246	757	975	134

CONDICION CH %	DUREZA Kg.		CIZALLA. Kg/cm ²		TENACIDAD Kg-m
	LADOS	EXTERIOR	RADIAL	TANGENCIAL	PROMEDIO
VERDE + 30%	----	----	----	----	----
SECO AL AIRE 12%	1309	1420	137	----	3.02

... Ref. 2 Las maderas en Colombia, Universidad Nacional SENA, Medellín Colombia

CAPITULO 2

ENSAYOS DE LABORATORIO

2. ENSAYOS DE LABORATORIO

En el laboratorio de Resistencia de Materiales, se lleva a cabo el ensayo a todas y cada una de las probetas de los tres maderas, en la Máquina Universal de ensayos para Maderas - Marca AMSLER, TIPO 4 DBZF 120 con escalas de cargas 400Kg. y 4000Kg.



Fotografía No. 1 Máquina Universal de ensayos para Maderas - Marca AMSLER, TIPO 4 DBZF 120



Fotografía No. 2 Ensayo a Flexión - Maquina Universal marca AMSLER

2.1. SAPAN



Fotografía No. 3 Probetas de Sapan para Ensayo

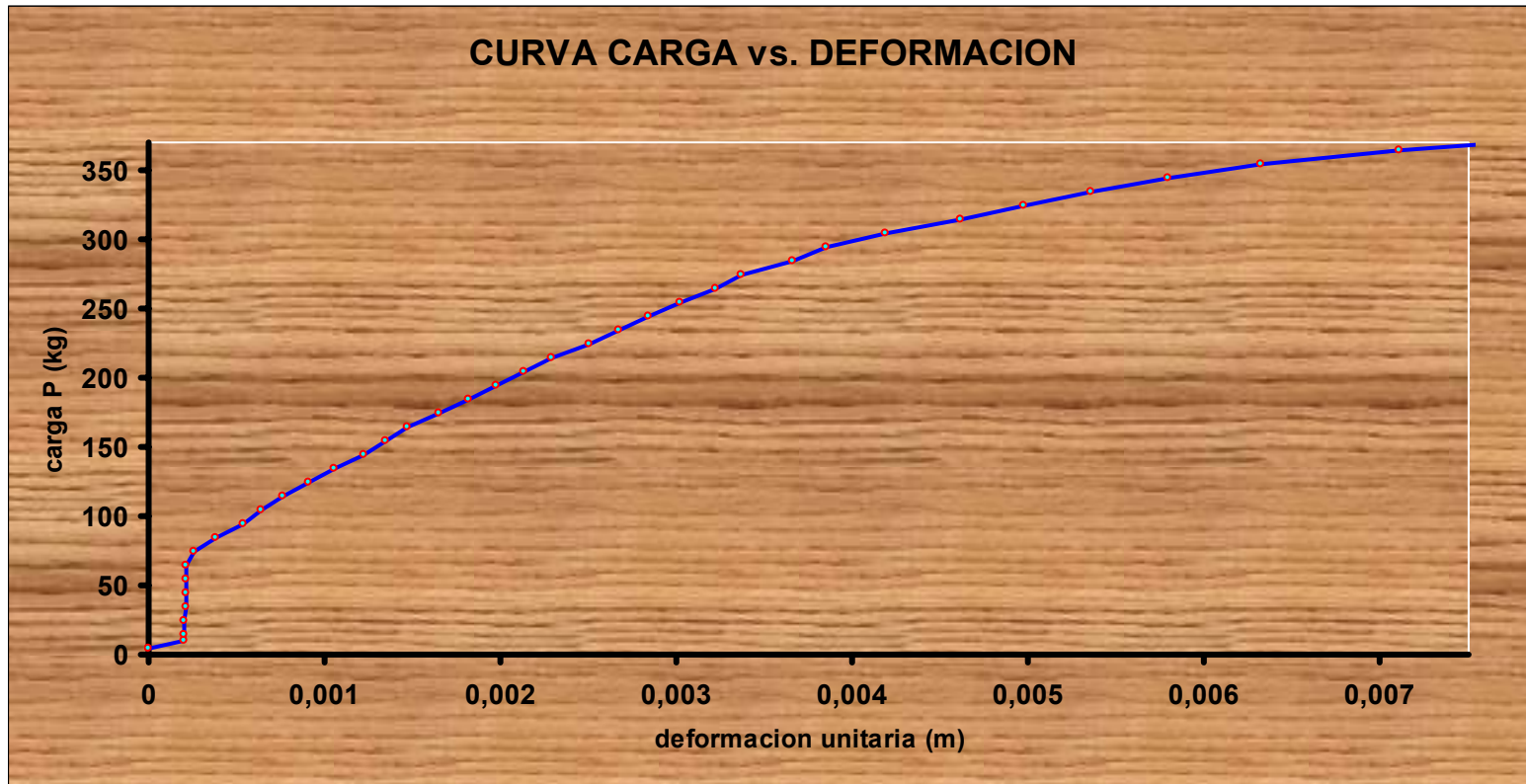
PROPIEDADES DE LA PROBETA	
Área	= 4 cm ²
Inercia	= 1,33 cm ⁴
Luz	= 30 cm.
Densidad Básica	= 0,82 gr/cm ³

Cuadro No. 9 Datos Obtenidos del Ensayo (Sapan)

Dimensión Probeta		2x2x30 cm.
Tipo de Madera		Sapan
Ensayo		Flexión
Muestra (#)	CARGA	DEFLEXION
	P (Kg)	δ (m)
1	371	0,007874
2	338,5	0,008128
3	332	0,008128
4	345	0,008382
5	323	0,0093447
6	245	0,00889
7	351,5	0,0103124
8	318	0,0087884
9	289	0,00889
10	327,5	0,008509
11	333,5	0,010668
12	312	0,009652
13	347	0,009652
14	327,5	0,009398
15	329	0,008255
16	325,5	0,0085598
17	342,5	0,0097028
18	341	0,0127
19	315	0,0096012
20	275	0,009652
21	337	0,0076962
22	294	0,0086614
23	318	0,009144
24	342	0,0091948
25	278,5	0,0080518
26	313,5	0,009144
27	307,5	0,009652
28	326,5	0,0098044
29	338	0,0099314
30	324	0,009652

Muestra (#)	CARGA P (Kg.)	DEFLEXION δ (m)
31	349	0,011938
32	338	0,009398
33	322	0,009652
34	326	0,009144
35	338	0,008509
38	280	0,00635
39	322,5	0,0093218
40	297,5	0,00762
41	321,5	0,0080772
42	355	0,0082296
43	330	0,0081788
44	351	0,006731
45	326	0,0094488
46	347,5	0,0085852
47	315	0,0083566
48	308	0,00889
49	322	0,009652
50	316	0,008763

CURVA TIPO CARGA vs. DEFORMACION



Grafica No. 1 Curva Carga vs. Deformación para el Sapan

2.2 ARENILLO



Fotografía No. 4 Probetas de Arenillo para Ensayo

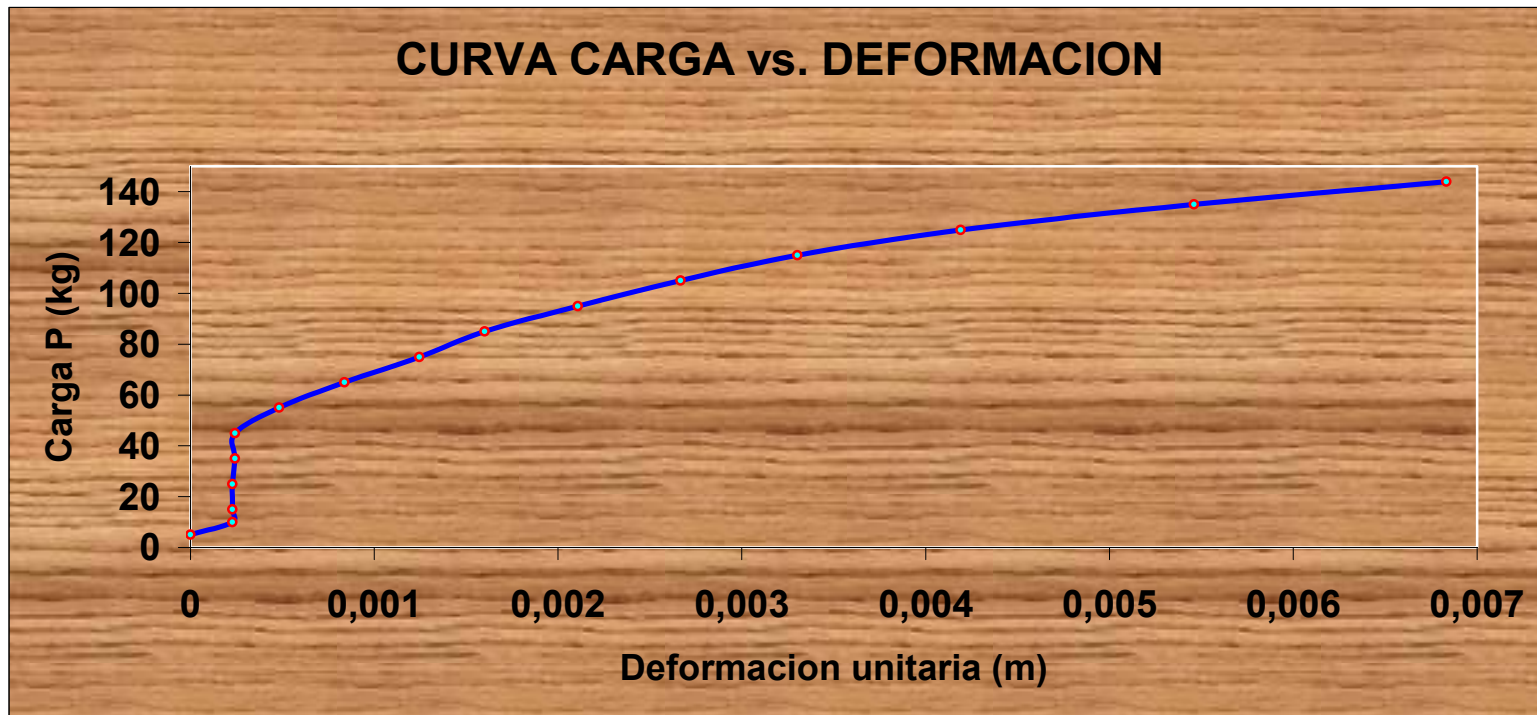
PROPIEDADES DE LA PROBETA	
Área	= 4 cm ²
Inercia	= 1,33 cm ⁴
Luz	= 30 cm.
Densidad Básica	= 0,56 gr./cm ³

Dimensión Probeta Tipo de Madera Ensayo		2x2x30 cm. Arenillo Flexión	
Muestra (#)	CARGA	DEFLEXION	
	P (Kg.)	δ (m)	
1	143	0,0073914	
2	144	0,0068326	
3	165	0,007366	
4	170	0,006477	
5	175	0,0064262	
6	165	0,0069088	
7	158,5	0,007112	
8	174	0,0060452	
9	174	0,006985	
10	162	0,0055626	
11	175	0,0069342	
12	162	0,0057658	
13	164	0,006604	
14	164	0,006604	
15	169	0,005842	
16	168	0,005461	
17	172	0,005969	
18	158	0,0049784	
19	152	0,0081788	
20	173	0,0065532	
21	174	0,006223	
22	156	0,006731	
23	152	0,0075692	
24	165	0,0078486	
25	155	0,003937	
26	159	0,0056388	
27	162	0,007747	
28	153	0,004826	
29	164	0,005207	
30	154	0,0070612	
31	152	0,0057404	
32	184	0,0062738	
33	156	0,0073406	
34	178	0,0071628	
35	164	0,0049784	
36	161	0,0071628	
37	161	0,007747	
38	135	0,003175	
39	171	0,00635	
40	173	0,0060198	

Muestra (#)	CARGA P (Kg.)	DEFLEXION δ (m)
41	155	0,008001
42	126	0,0091948
43	138	0,005461
44	159	0,0049784
45	163	0,0068072
46	155	0,004699
47	170	0,0059944
48	179	0,0067056
49	165	0,006223
50	167	0,005715
51	172	0,006223

Cuadro No. 10 Datos Obtenidos del Ensayo (Arenillo)

CURVA TIPO CARGA vs. DEFORMACION



Grafica No. 2 Curva Carga vs. Deformación para el Arenillo

2.3 PINO



Fotografía No. 5 Probetas de Pino para Ensayo

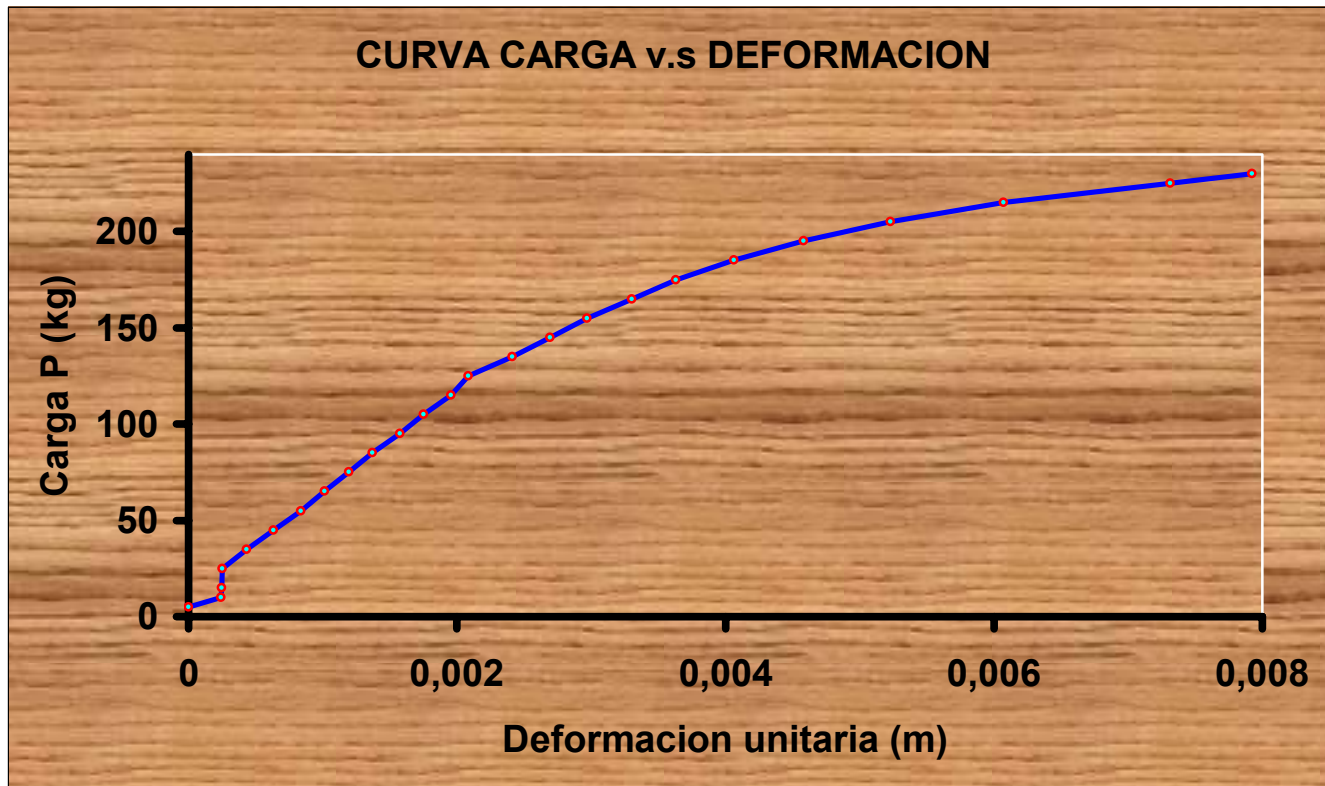
PROPIEDADES DE LA PROBETA	
Área	= 4 cm ²
Inercia	= 1,33 cm ⁴
Luz	= 30 cm.
Densidad Básica	= 0,43 gr/cm ³

Dimensión Probeta Tipo de Madera Ensayo		
2x2x30 cm. Pino Flexión		
Muestra (#)	CARGA	DEFLEXION δ (m)
	P (Kg).	
1	229,5	0,0020828
2	140	0,008636
3	126	0,0068834
4	230	0,0079248
5	118	0,00889
6	246,5	0,008382
7	161,5	0,014986
8	142	0,011176
9	132	0,012192
10	245	0,0076454
11	121	0,005842
12	144	0,0140208
13	113	0,005842
14	150,5	0,0110236
15	144	0,0146812
16	133	0,006858
17	150	0,0082296
18	120	0,0055626
19	130	0,0059182
20	132	0,0085344
21	119	0,011176
22	127	0,0061214
23	137	0,01016
24	140	0,0074168
25	136	0,0055372
26	177,5	0,0079248
27	143	0,008382
28	138	0,0072644
29	143	0,0064008
30	244	0,0083058
31	140	0,012954
32	115	0,0053086
33	110	0,005207
34	237	0,007112
35	238	0,0066548
36	141,5	0,0160528
37	131	0,0099568
38	138	0,011303

Muestra (#)	CARGA P (Kg).	DEFLEXION δ (m)
39	126	0,0046482
40	114	0,0053848
41	166,5	0,006477
42	138	0,010287
43	128	0,0048514
44	133	0,014224
45	134	0,0078232
46	119	0,0046228
47	115	0,0065532
48	109	0,0067056
49	111	0,004699
50	119	0,005715
51	136	0,007747

Cuadro No. 11 Datos Obtenidos del Ensayo (Pino)

CURVA TIPO CARGA vs. DEFORMACION



Grafica No. 3 Curva Carga vs. Deformación para el Pino

CAPITULO 3

FACTORES DE CORRECCION

3. FACTORES DE CORRECCIÓN

3.1 MODULO DE ROTURA (MOR)

En el presente trabajo el modulo de rotura se representara por la sigla "MOR"

La densidad es una medida de la cantidad de material sólido que posee la madera y tiene una marcada influencia en la resistencia mecánica de ésta. En probetas pequeñas libres de defectos puede esperarse que la resistencia sea directamente proporcional a la densidad. Los ensayos con estas probetas indican que existe un buen nivel de correlación entre todas y cada una de las propiedades mecánicas y la densidad del material. La correlación algebraica que describe claramente las vigas a escala natural es la siguiente:

$$\text{MOR}_{\text{EXPONENCIAL}} = 1412 * \rho^{1.20} \text{ (Kg. / cm}^2\text{)}$$

$$\text{MOR}_{\text{LINEAL}} = - 109 + 1482 * \rho \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

$$\text{MOR}_{\text{PROBETA}} = (3 * P_{\text{máx.}} * L) / (2 * a * h^2) \text{ (kg / cm}^2\text{)}$$

3.1.1. SAPAN

$$\text{MOR}_{\text{EXPONENCIAL}} = 1412 * \rho^{1.20} = 1112.79 \text{ Kg. / cm}^2$$

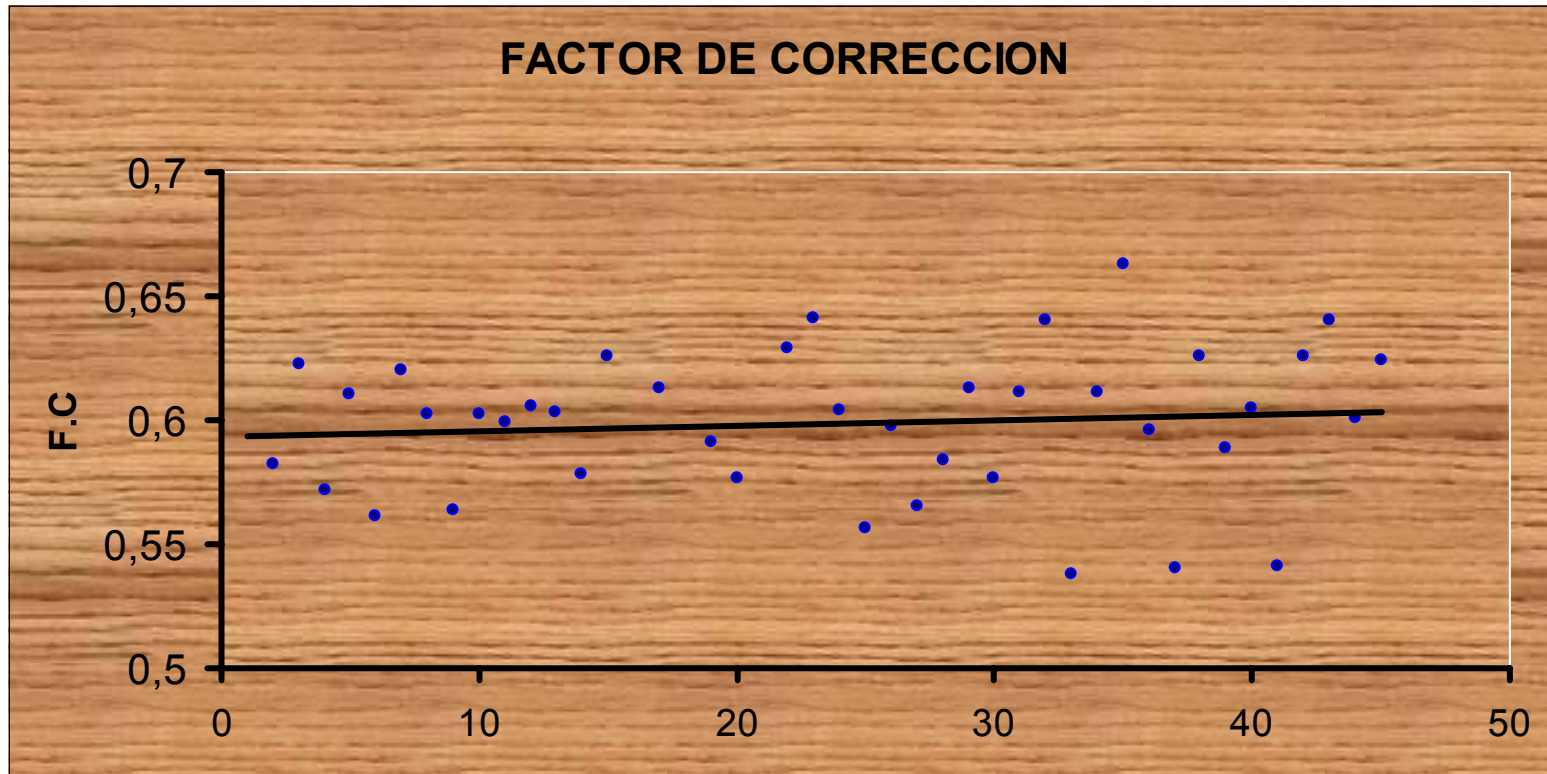
$$\text{MOR}_{\text{LINEAL}} = - 109 + 1482 * \rho = 1106.24 \text{ Kg. / cm}^2$$

Cuadro No. 12 Parámetros Estadísticos del Factor de Corrección para el Sapan

PARAMETROS ESTADISTICOS DEL FACTOR DE CORRECCION			
MEDIA	=	μ	0,59991
DESVIACION	=	σ	0,10331
VARIANZA	=	σ^2	0,01067

# muestra	P Kg.	(m)	MOR probeta Kg./ cm2	h probeta cm.	MOR VIGAS		FACTORES DE CORRECCION				
					LINEAL	EXP.	F.C	F.T	F.S	F.D.C	TOTAL
1	371	0,007874	1756,213018	1,95	1106,24	1112,78515	140492,761	1,110	1,2	1,15	0,5068
2	338,5	0,008128	1523,25	2	1106,24	1112,78515	136102,3622	1,107	1,2	1,15	0,5827
3	332	0,008128	1422,010708	2,05	1106,24	1112,78515	136102,3622	1,104	1,2	1,15	0,6224
4	345	0,008382	1552,5	2	1106,24	1112,78515	131978,0482	1,107	1,2	1,15	0,5717
5	323	0,0093447	1453,5	2	1106,24	1112,78515	118382,0492	1,107	1,2	1,15	0,6106
6	245	0,00889	1159,763314	1,95	1106,24	1112,78515	124436,4454	1,110	1,2	1,15	0,7674
7	351,5	0,0103124	1581,75	2	1106,24	1112,78515	107272,7978	1,107	1,2	1,15	0,5611
8	318	0,0087884	1431	2	1106,24	1112,78515	125875,0171	1,107	1,2	1,15	0,6202
9	289	0,00889	1237,834622	2,05	1106,24	1112,78515	124436,4454	1,104	1,2	1,15	0,7150
10	327,5	0,008509	1473,75	2	1106,24	1112,78515	130008,2266	1,107	1,2	1,15	0,6022
11	333,5	0,010668	1578,698225	1,95	1106,24	1112,78515	103697,0379	1,110	1,2	1,15	0,5638
12	312	0,009652	1476,923077	1,95	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,110	1,2	1,15	0,6026
13	347	0,009652	6246	1	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,196	1,2	1,15	0,1535
14	327,5	0,009398	6138,067472	0,98	1106,24	1112,78515	117710,1511	1,199	1,2	1,15	0,1565
15	329	0,008255	1480,5	2	1106,24	1112,78515	134008,4797	1,107	1,2	1,15	0,5995
16	325,5	0,0085598	1464,75	2	1106,24	1112,78515	129236,6644	1,107	1,2	1,15	0,6059
17	342,5	0,0097028	1466,983938	2,05	1106,24	1112,78515	114012,45	1,104	1,2	1,15	0,6033
18	341	0,0127	1534,5	2	1106,24	1112,78515	87105,51181	1,107	1,2	1,15	0,5784
19	315	0,0096012	1417,5	2	1106,24	1112,78515	115218,931	1,107	1,2	1,15	0,6261
20	275	0,009652	1237,5	2	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,107	1,2	1,15	0,7172
21	337	0,0076962	1443,426532	2,05	1106,24	1112,78515	143738,4683	1,104	1,2	1,15	0,6132
22	294	0,0086614	1259,250446	2,05	1106,24	1112,78515	127720,6918	1,104	1,2	1,15	0,7029
23	318	0,009144	1505,325444	1,95	1106,24	1112,78515	120979,8775	1,110	1,2	1,15	0,5913
24	342	0,0091948	1539	2	1106,24	1112,78515	120311,4804	1,107	1,2	1,15	0,5767
25	278,5	0,0080518	1253,25	2	1106,24	1112,78515	137390,3972	1,107	1,2	1,15	0,7082

# muestra	P Kg.	(m)	MOR probeta Kg/ cm2	h probeta cm	MOR VIGAS		FACTORES DE CORRECCION				
					LINEAL	EXP.	F.C	F.T	F.S	F.D.C	TOTAL
26	313,5	0,009144	1410,75	2	1106,24	1112,78515	120979,8775	1,107	1,2	1,15	0,6291
27	307,5	0,009652	1383,75	2	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,107	1,2	1,15	0,6414
28	326,5	0,0098044	1469,25	2	1106,24	1112,78515	112830,9738	1,107	1,2	1,15	0,6041
29	338	0,0099314	1600	1,95	1106,24	1112,78515	111388,1225	1,110	1,2	1,15	0,5563
30	324	0,009652	1487,603306	1,98	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,108	1,2	1,15	0,5973
31	349	0,011938	1570,5	2	1106,24	1112,78515	92665,4381	1,107	1,2	1,15	0,5651
32	338	0,009398	1521	2	1106,24	1112,78515	117710,1511	1,107	1,2	1,15	0,5835
33	322	0,009652	1449	2	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,107	1,2	1,15	0,6125
34	326	0,009144	1543,195266	1,95	1106,24	1112,78515	120979,8775	1,110	1,2	1,15	0,5767
35	338	0,008509	1447,709697	2,05	1106,24	1112,78515	130008,2266	1,104	1,2	1,15	0,6114
36	308	0,010922	1386	2	1106,24	1112,78515	101285,4789	1,107	1,2	1,15	0,6404
37	366,5	0,009271	1649,25	2	1106,24	1112,78515	119322,6189	1,107	1,2	1,15	0,5381
38	280	0,00635	1199,286139	2,05	1106,24	1112,78515	174211,0236	1,104	1,2	1,15	0,7380
39	322,5	0,0093218	1451,25	2	1106,24	1112,78515	118672,3594	1,107	1,2	1,15	0,6116
40	297,5	0,00762	1338,75	2	1106,24	1112,78515	145175,853	1,107	1,2	1,15	0,6630
41	321,5	0,0080772	1491,14896	1,97	1106,24	1112,78515	136958,3519	1,109	1,2	1,15	0,5962
42	355	0,0082296	1646,525291	1,97	1106,24	1112,78515	134422,0861	1,109	1,2	1,15	0,5399
43	330	0,0081788	1413,444378	2,05	1106,24	1112,78515	135257,0059	1,104	1,2	1,15	0,6262
44	351	0,006731	1503,390839	2,05	1106,24	1112,78515	164350,0223	1,104	1,2	1,15	0,5887
45	326	0,0094488	1467	2	1106,24	1112,78515	117077,3008	1,107	1,2	1,15	0,6050
46	347,5	0,0085852	1644,970414	1,95	1106,24	1112,78515	128854,3074	1,110	1,2	1,15	0,5411
47	315	0,0083566	1417,5	2	1106,24	1112,78515	132379,1973	1,107	1,2	1,15	0,6261
48	308	0,00889	1386	2	1106,24	1112,78515	124436,4454	1,107	1,2	1,15	0,6404
49	322	0,009652	1478,420569	1,98	1106,24	1112,78515	114612,5155	1,108	1,2	1,15	0,6010
50	316	0,008763	1422	2	1106,24	1112,78515	126239,8722	1,107	1,2	1,15	0,6241



Grafica No. 4 Factor de Corrección para el Sapan

ECUACION LINEA MEDIA

$$F.C = 0,0003 * X + 0,5982$$

- Determinar el factor de duración de carga y de servicio y seguridad es una tarea importante de los ingenieros, por una parte si se escoge pequeño ocurre una falla inaceptablemente grande y si se escoge muy grande el diseño es caro y no funcional.
- La incertidumbre en el tiempo se hace bajo dos supuestos: 1- las actividades son variables aleatorias y 2- las actividades son independientes. (en duración no se afectan); esto es, el orden de fallado de las probetas no altera los resultados en cuanto a orden de prioridades, la muestra # 2 es totalmente independiente de la muestra # 30, aunque las condiciones de velocidad de aplicación de cargas y de propiedades de la sección sean exactamente iguales.
- Si la varianza mide la variabilidad de datos o dispersión esto significa que 0.01067 es un valor grande tomando en cuenta la escala de variación de resultados, es decir que todos los valores están alineados y si además mide la incertidumbre se garantiza la certeza de los datos a futuro. (comportamiento bajo ciertas sollicitaciones de cargas); (Entre mas grande sea la desviación mejor, es decir, los datos están mas agrupados con respecto a la media).
- Los datos claramente los describe una fórmula algebraica, es decir que no se debe hacer la evaluación con teorías de distribución de probabilidades.
- Factor de reducción por Calidad = 0.74, refleja la calidad en cuanto a defectos de la muestra, es decir, que reducirle solo el 26%, es indicio de buen estado, además este factor involucra las apreciaciones de tamaño, teniendo en cuenta las alteraciones que se presentan por humedad. O sea que podría decirse que si garantiza la calidad de la madera en cuanto a propiedades físico-mecánicas, esa reducción la aporta la humedad fenómeno ligado a situaciones climáticas que no se pueden predeterminar pero si controlar su afectación con preservantes, lo cual aumentaría este valor (0.74).

- factor de reducción por tamaño = 1.1, este valor representa un incremento en cuanto a seguridad, y se ve reflejado en la sollicitación que se tiene de resistencia a medida que se aumenta el tamaño del elemento estructural; es decir, con un aumento de dimensiones disminuye el MOR y al disminuir MOR disminuye la capacidad de soporte de la carga. El factor sale de relacionar el peralte de vigas a escala natural con el peralte de probetas falladas. (Relación de Bohannon).
- Duración de carga 1.15, representa aumento en cuanto a la disminución que se presenta de esfuerzos de rotura a través del tiempo.
- Factor de seguridad y servicio 1.20, es un factor de aumento en cuanto a garantizar el comportamiento adecuado de las estructuras en condiciones normales, este valor esta excepto de errores cometidos en las condiciones iniciales de diseño; la validez de este factor lo aclara la grafica de carga vs. deformaciones donde se ve claramente el límite elástico y plástico; el tanteo se tomo en primera instancia por apreciaciones de tipo visual al momento de realizar los ensayos y por conocimiento de las propiedades estructurales del material.
- La variación del tamaño de las muestras es un error de tipo humano, es decir el corte de las probetas estaba fuera del alcance de los autores.

3.1.2 ARENILLO

$$MOR_{EXPONENCIAL} = 1412 * \rho^{1.20} = 632 \text{ Kg. / cm}^2$$

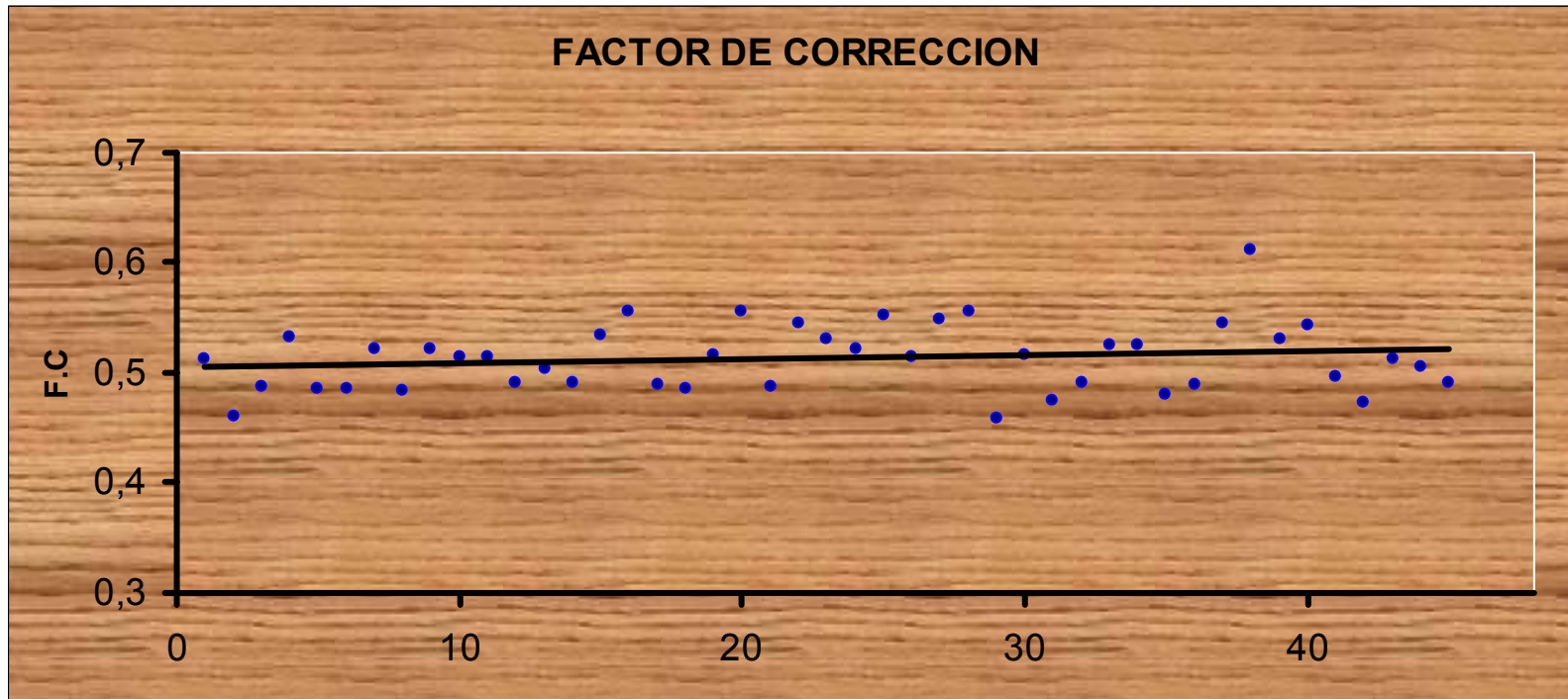
$$MOR_{LINEAL} = -109 + 1482 * \rho = 614.328 \text{ Kg. / cm}^2$$

Cuadro No. 14 Parámetros Estadísticos del Factor de Corrección para el Arenillo

PARAMETROS ESTADISTICOS DEL FACTOR DE CORRECCION			
MEDIA	=	μ	0.5183
DESVIACION	=	σ	0.0670
VARIANZA	=	σ^2	0.0045

# MUESTRA	P Kg.	□ m	MOR probeta Kg./ cm2	h probeta cm.	MOR VIGAS		FACTORES DE CORRECCION				
					LINEAL	EXP.	F.C.	F.T.	F.S.	F.D.C.	TOTAL
1	143	0,0073914	643,5	2	632	614,608698	0,98212898	1,107173179	1,6	1,15	0,5910
2	144	0,0068326	648	2	632	614,608698	0,97530864	1,107173179	1,6	1,15	0,5869
3	165	0,007366	742,5	2	632	614,608698	0,85117845	1,107173179	1,6	1,15	0,5122
4	170	0,006477	3060	1	632	614,608698	0,20653595	1,195813175	1,6	1,15	0,1342
5	175	0,0064262	828,4023669	1,95	632	614,608698	0,76291429	1,110292141	1,6	1,15	0,4604
6	165	0,0069088	781,0650888	1,95	632	614,608698	0,80915152	1,110292141	1,6	1,15	0,4883
7	158,5	0,007112	713,25	2	632	614,608698	0,88608482	1,107173179	1,6	1,15	0,5332
8	174	0,0060452	783	2	632	614,608698	0,80715198	1,107173179	1,6	1,15	0,4857
9	174	0,006985	783	2	632	614,608698	0,80715198	1,107173179	1,6	1,15	0,4857
10	162	0,0055626	729	2	632	614,608698	0,86694102	1,107173179	1,6	1,15	0,5217
11	175	0,0069342	787,5	2	632	614,608698	0,80253968	1,107173179	1,6	1,15	0,4829
12	162	0,0057658	729	2	632	614,608698	0,86694102	1,107173179	1,6	1,15	0,5217
13	164	0,006604	738	2	632	614,608698	0,85636856	1,107173179	1,6	1,15	0,5153
14	164	0,006604	738	2	632	614,608698	0,85636856	1,107173179	1,6	1,15	0,5153
15	169	0,005842	775,9412305	1,98	632	614,608698	0,81449467	1,108410254	1,6	1,15	0,4906
16	168	0,005461	756	2	632	614,608698	0,83597884	1,107173179	1,6	1,15	0,5030
17	172	0,005969	774	2	632	614,608698	0,81653747	1,107173179	1,6	1,15	0,4913
18	158	0,0049784	711	2	632	614,608698	0,88888889	1,107173179	1,6	1,15	0,5349
19	152	0,0081788	684	2	632	614,608698	0,92397661	1,107173179	1,6	1,15	0,5560
20	173	0,0065532	778,5	2	632	614,608698	0,8118176	1,107173179	1,6	1,15	0,4885
21	174	0,006223	783	2	632	614,608698	0,80715198	1,107173179	1,6	1,15	0,4857
22	156	0,006731	738,4615385	1,95	632	614,608698	0,85583333	1,110292141	1,6	1,15	0,5164
23	152	0,0075692	684	2	632	614,608698	0,92397661	1,107173179	1,6	1,15	0,5560
24	165	0,0078486	781,0650888	1,95	632	614,608698	0,80915152	1,110292141	1,6	1,15	0,4883

# MUESTRA	P Kg.	□ m	MOR probeta Kg/ cm2	h probeta cm	MOR VIGAS		FACTORES DE CORRECCION				
					LINEAL	EXP.	F.C	F.T	F.S	F.D.C	TOTAL
25	155	0,003937	697,5	2	632	614,608698	0,90609319	1,107173179	1,6	1,15	0,5452
26	159	0,0056388	715,5	2	632	614,608698	0,88329839	1,107173179	1,6	1,15	0,5315
27	162	0,007747	729	2	632	614,608698	0,86694102	1,107173179	1,6	1,15	0,5217
28	153	0,004826	688,5	2	632	614,608698	0,91793755	1,107173179	1,6	1,15	0,5523
29	164	0,005207	738	2	632	614,608698	0,85636856	1,107173179	1,6	1,15	0,5153
30	154	0,0070612	693	2	632	614,608698	0,91197691	1,107173179	1,6	1,15	0,5488
31	152	0,0057404	684	2	632	614,608698	0,92397661	1,107173179	1,6	1,15	0,5560
32	184	0,0062738	828	2	632	614,608698	0,76328502	1,107173179	1,6	1,15	0,4593
33	156	0,0073406	738,4615385	1,95	632	614,608698	0,85583333	1,110292141	1,6	1,15	0,5164
34	178	0,0071628	801	2	632	614,608698	0,78901373	1,107173179	1,6	1,15	0,4748
35	164	0,0049784	776,3313609	1,95	632	614,608698	0,81408537	1,110292141	1,6	1,15	0,4912
36	161	0,0071628	724,5	2	632	614,608698	0,87232574	1,107173179	1,6	1,15	0,5249
37	161	0,007747	724,5	2	632	614,608698	0,87232574	1,107173179	1,6	1,15	0,5249
38	135	0,003175	639,0532544	1,95	632	614,608698	0,98896296	1,110292141	1,6	1,15	0,5968
39	171	0,00635	793,1149991	1,97	632	614,608698	0,79685796	1,109034009	1,6	1,15	0,4803
40	173	0,0060198	778,5	2	632	614,608698	0,8118176	1,107173179	1,6	1,15	0,4885
41	155	0,008001	697,5	2	632	614,608698	0,90609319	1,107173179	1,6	1,15	0,5452
42	126	0,0091948	567	2	632	614,608698	1,11463845	1,107173179	1,6	1,15	0,6707
43	138	0,005461	621	2	632	614,608698	1,01771337	1,107173179	1,6	1,15	0,6124
44	159	0,0049784	715,5	2	632	614,608698	0,88329839	1,107173179	1,6	1,15	0,5315
45	163	0,0068072	698,1558596	2,05	632	614,608698	0,90524199	1,104139676	1,6	1,15	0,5432
46	155	0,004699	697,5	2	632	614,608698	0,90609319	1,107173179	1,6	1,15	0,5452
47	170	0,0059944	765	2	632	614,608698	0,82614379	1,107173179	1,6	1,15	0,4971
48	179	0,0067056	805,5	2	632	614,608698	0,78460583	1,107173179	1,6	1,15	0,4721
49	165	0,006223	742,5	2	632	614,608698	0,85117845	1,107173179	1,6	1,15	0,5122



Grafica No. 5 Factor de Corrección para el Arenillo

ECUACION LINEA MEDIA

$$F.C = 0,0004 * X + 0,5043$$

3.1.3 PINO

$$\text{MOR}_{\text{EXPONENCIAL}} = 1412 * \rho^{1.20} = 512.857 \text{ Kg. / cm}^2$$

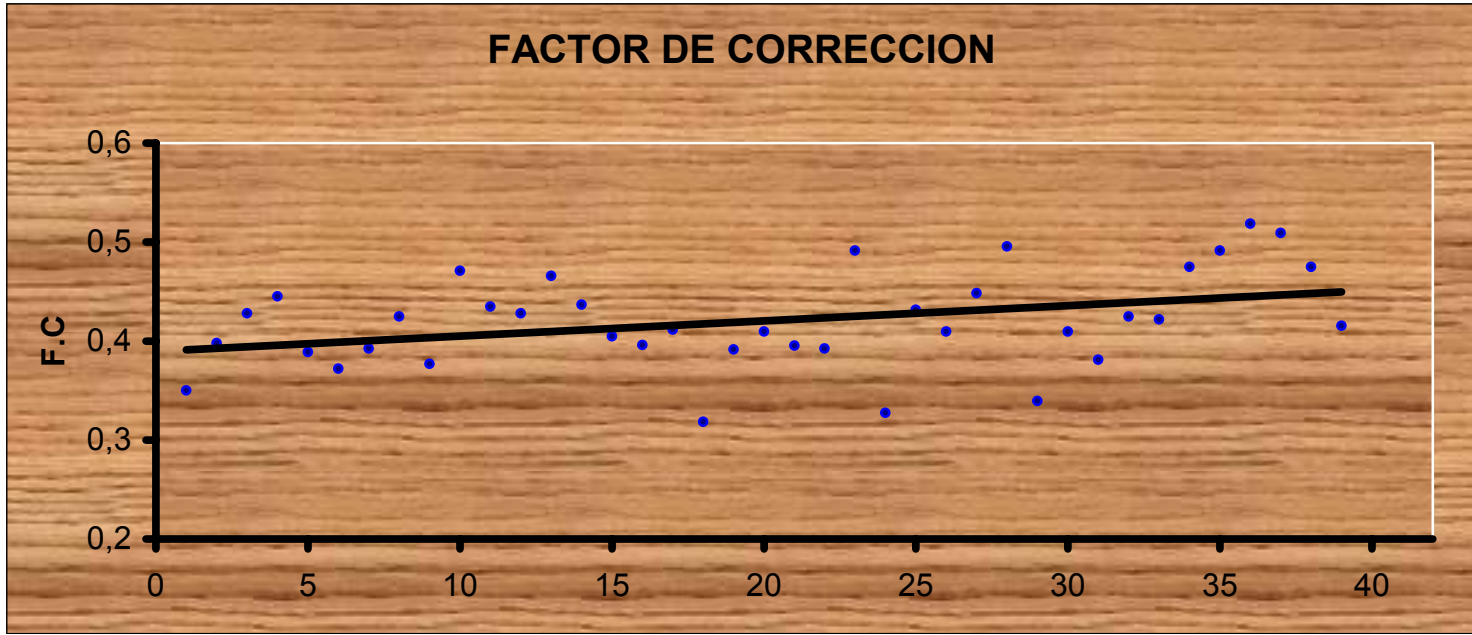
$$\text{MOR}_{\text{LINEAL}} = - 109 + 1482 * \rho = 528.86 \text{ Kg. / cm}^2$$

Cuadro No. 16 Parámetros Estadísticos del Factor de Corrección para el Pino

PARAMETROS ESTADISTICOS DEL FACTOR DE CORRECCION		
MEDIA =	μ	0.3840997
DESVIACION =	σ	0.07955137
VARIANZA =	σ^2	0.006328

# MUESTRA	P Kg.	(m)	MOR probeta Kg/ cm2	h probeta cm	MOR VIGAS		FACTORES DE CORRECCION				
					LINEAL	EXP.	F.C	F.T	F.S	F.D.C	TOTAL
1	229,5	0,002083	1032,75	2	528,26	512,858	0,5115081	1,1071732	2	1,15	0,24623
2	140	0,008636	630	2	528,26	512,858	0,8385079	1,1071732	2	1,15	0,40364
3	126	0,006883	567	2	528,26	512,858	0,9316755	1,1071732	2	1,15	0,44849
4	230	0,007925	1035	2	528,26	512,858	0,5103961	1,1071732	2	1,15	0,24569
5	118	0,00889	541,7814509	1,98	528,26	512,858	0,9750426	1,1084103	2	1,15	0,46989
6	246,5	0,008382	1131,772268	1,98	528,26	512,858	0,4667547	1,1084103	2	1,15	0,22494
7	161,5	0,014986	726,75	2	528,26	512,858	0,7268799	1,1071732	2	1,15	0,34991
8	142	0,011176	639	2	528,26	512,858	0,826698	1,1071732	2	1,15	0,39796
9	132	0,012192	594	2	528,26	512,858	0,8893266	1,1071732	2	1,15	0,42810
10	245	0,007645	1221,606648	1,9	528,26	512,858	0,4324305	1,1135013	2	1,15	0,20935
11	121	0,005842	572,7810651	1,95	528,26	512,858	0,9222721	1,1102921	2	1,15	0,44521
12	144	0,014021	654,528926	1,99	528,26	512,858	0,8070843	1,10779	2	1,15	0,38873
13	113	0,005842	518,8246097	1,98	528,26	512,858	1,0181861	1,1084103	2	1,15	0,49068
14	150,5	0,011024	684,0736345	1,99	528,26	512,858	0,7722268	1,10779	2	1,15	0,37194
15	144	0,014681	648	2	528,26	512,858	0,815216	1,1071732	2	1,15	0,39243
16	133	0,006858	598,5	2	528,26	512,858	0,8826399	1,1071732	2	1,15	0,42488
17	150	0,00823	675	2	528,26	512,858	0,7826074	1,1071732	2	1,15	0,37673
18	120	0,005563	540	2	528,26	512,858	0,9782593	1,1071732	2	1,15	0,47091
19	130	0,005918	585	2	528,26	512,858	0,9030085	1,1071732	2	1,15	0,43469
20	132	0,008534	594	2	528,26	512,858	0,8893266	1,1071732	2	1,15	0,42810
21	119	0,011176	546,3728191	1,98	528,26	512,858	0,966849	1,1084103	2	1,15	0,46594
22	127	0,006121	583,1037649	1,98	528,26	512,858	0,9059451	1,1084103	2	1,15	0,43659
23	137	0,01016	629,0174472	1,98	528,26	512,858	0,8398177	1,1084103	2	1,15	0,40472
24	140	0,007417	642,7915519	1,98	528,26	512,858	0,8218216	1,1084103	2	1,15	0,39605
25	136	0,005537	618,1662079	1,99	528,26	512,858	0,8545598	1,10779	2	1,15	0,41160

# MUESTRA	P Kg.	(m)	MOR probeta Kg/ cm2	h probeta cm	MOR VIGAS		FACTORES DE CORRECCION				
					LINEAL	EXP.	F.C	F.T	F.S	F.D.C	TOTAL
26	177,5	0,007925	798,75	2	528,26	512,858	0,6613584	1,1071732	2	1,15	0,31836
27	143	0,008382	649,9835863	1,99	528,26	512,858	0,8127282	1,10779	2	1,15	0,39145
28	138	0,007264	621	2	528,26	512,858	0,8506602	1,1071732	2	1,15	0,40949
29	143	0,006401	643,5	2	528,26	512,858	0,8209169	1,1071732	2	1,15	0,39517
30	244	0,008306	1120,293848	1,98	528,26	512,858	0,471537	1,1084103	2	1,15	0,22724
31	140	0,012954	649,3339174	1,97	528,26	512,858	0,8135414	1,109034	2	1,15	0,39228
32	115	0,005309	517,5	2	528,26	512,858	1,0207923	1,1071732	2	1,15	0,49139
33	110	0,005207	495	2	528,26	512,858	1,0671919	1,1071732	2	1,15	0,51372
34	237	0,007112	967,3469388	2,1	528,26	512,858	0,5460916	1,1011873	2	1,15	0,26146
35	238	0,006655	1071	2	528,26	512,858	0,49324	1,1071732	2	1,15	0,23744
36	141,5	0,016053	786,1111111	1,8	528,26	512,858	0,6719915	1,1202107	2	1,15	0,32729
37	131	0,009957	589,5	2	528,26	512,858	0,8961154	1,1071732	2	1,15	0,43137
38	138	0,011303	621	2	528,26	512,858	0,8506602	1,1071732	2	1,15	0,40949
39	126	0,004648	567	2	528,26	512,858	0,9316755	1,1071732	2	1,15	0,44849
40	114	0,005385	513	2	528,26	512,858	1,0297466	1,1071732	2	1,15	0,49570
41	166,5	0,006477	749,25	2	528,26	512,858	0,7050517	1,1071732	2	1,15	0,33940
42	138	0,010287	621	2	528,26	512,858	0,8506602	1,1071732	2	1,15	0,40949
43	128	0,004851	673,192111	1,85	528,26	512,858	0,7847091	1,1168056	2	1,15	0,38103
44	133	0,014224	598,5	2	528,26	512,858	0,8826399	1,1071732	2	1,15	0,42488
45	134	0,007823	603	2	528,26	512,858	0,8760531	1,1071732	2	1,15	0,42171
46	119	0,004623	535,5	2	528,26	512,858	0,9864799	1,1071732	2	1,15	0,47487
47	115	0,006553	517,5	2	528,26	512,858	1,0207923	1,1071732	2	1,15	0,49139
48	109	0,006706	490,5	2	528,26	512,858	1,0769827	1,1071732	2	1,15	0,51844
49	111	0,004699	499,5	2	528,26	512,858	1,0575776	1,1071732	2	1,15	0,50910
50	119	0,005715	535,5	2	528,26	512,858	0,9864799	1,1071732	2	1,15	0,47487



Grafica No. 6 Factor de Corrección para el Pino

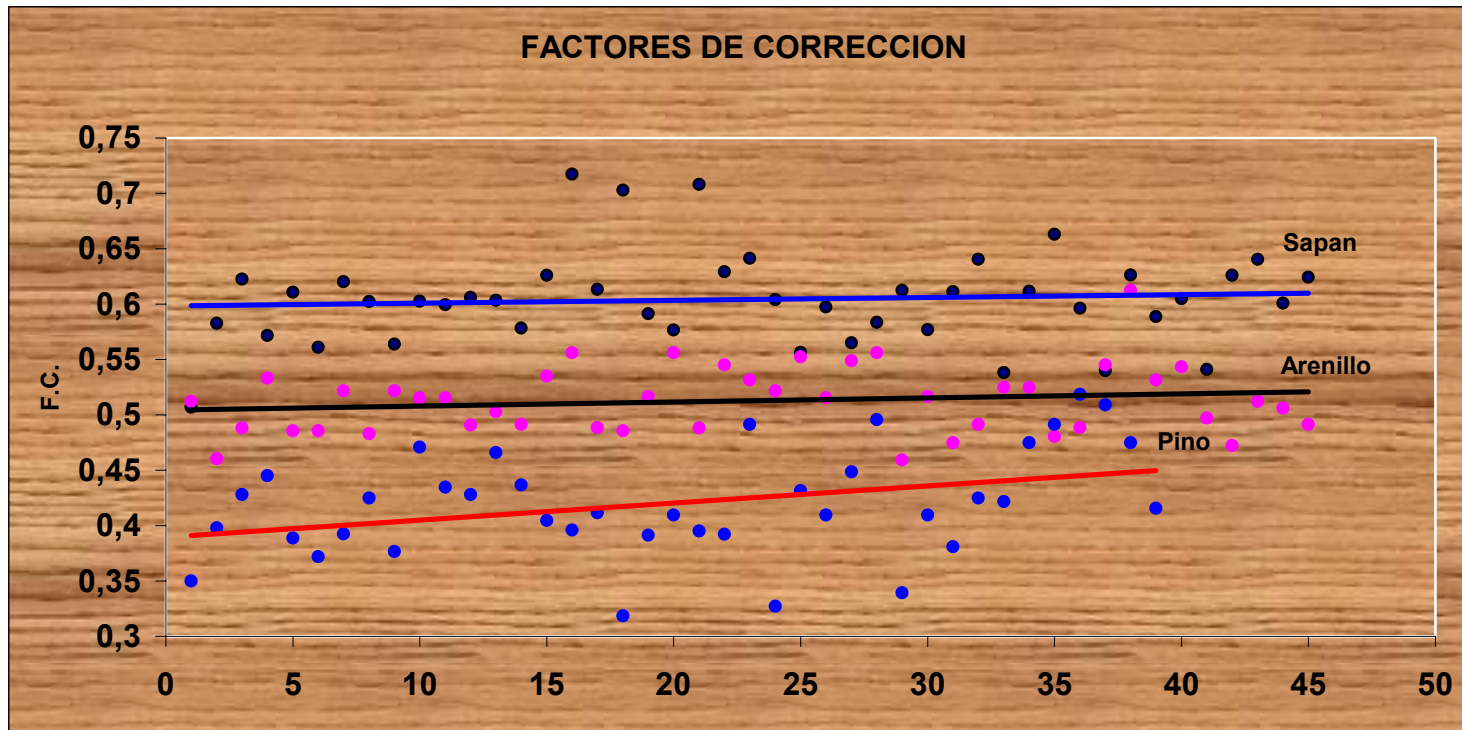
ECUACION LINEA MEDIA

$$F.C = 0,0015 * X + 0,3895$$

CAPITULO 4

ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES



Grafica No. 7 Factores de Corrección

Cuadro No. 18 Resumen del Factor de Corrección y Ecuaciones de línea media

MADERA	DENSIDAD BASICA (gr/cm ³)	GRUPO DE CLASIFICACION ESTRUCTURAL	FACTOR DE CORRECCION F.C.
SAPAN	0,82	A	0,60
ARENILLO	0,56	B	0,52
PINO	0,43	C	0,38

ECUACIONES LINEA MEDIA	
Sapan	F.C = 0,0003 * X + 0,5982
Arenillo	F.C = 0,0004 * X + 0,5043
Pino	F.C = 0,0015 * X + 0,3895

4.1 SAPAN

- La grafica de Carga Vs. Deformación deja ver el límite de proporcionalidad y los puntos que presentaron alguna desviación respecto de la línea central (tendencia).
- En las probetas falladas se observa una distribución homogénea en el tamaño y forma de la falla (anisotropía).
- El momento en que se rompía la primera fibra no anunciaba la consecuente rotura del material sino que transcurría un periodo de resistencia residual, es decir soportaba mas carga, y al llegar al momento de la rotura no se fraccionaba en dos partes sino que las fibras extremas a compresión quedaban perfectamente agarradas
- La relación de los módulos de rotura varía en un rango con no muchas variaciones tanto con la forma lineal como con la exponencial.
- El factor de seguridad y servicio; para su determinación se hace una estimación de que tan confiables y vulnerables son las propiedades con respecto al servicio, en el momento de diseño y a lo largo de su vida útil.

La estimación de este factor de corrección esta relacionada con la falla que implica riesgos de vida y riesgo mínimo para la propiedad.

- Determinar el factor de duración de carga y de servicio y seguridad es una tarea importante de los ingenieros, por una parte si se escoge pequeño ocurre una falla inaceptablemente grande y si se escoge muy grande el diseño es caro y no funcional.
- La incertidumbre en el tiempo se hace bajo dos supuestos: 1- las actividades son variables aleatorias y 2- las actividades son independientes. (en duración no se afectan); esto es, el orden de fallado de las probetas no altera los resultados en cuanto a orden de prioridades, la muestra # 2 es totalmente independiente de la muestra # 30, aunque las condiciones de velocidad de aplicación de cargas y de propiedades de la sección sean exactamente iguales.
- Si la varianza mide la variabilidad de datos o dispersión esto significa que 0.01067 es un valor grande tomando en cuenta la escala de variación de resultados, es decir que todos los valores están alineados y si además mide la incertidumbre se garantiza la certeza de los datos a futuro. (comportamiento bajo ciertas sollicitaciones de cargas); (Entre mas grande sea la desviación mejor, es decir, los datos están mas agrupados con respecto a la media).

PARAMETROS ESTADISTICOS DEL FACTOR DE CORRECCION			
MEDIA	=	μ	0,59991
DESVIACION	=	σ	0,10331
VARIANZA	=	σ^2	0,01067

- Los datos claramente los describe una formula algebraica, es decir que no se debe hacer la evaluación con teorías de distribución de probabilidades.

- Factor de reducción por Calidad = 0.74, refleja la calidad en cuanto a defectos de la muestra, es decir, que reducirle solo el 26%, es indicio de buen estado, además este factor involucra las apreciaciones de tamaño, teniendo en cuenta las alteraciones que se presentan por humedad. O sea que podría decirse que si garantiza la calidad de la madera en cuanto a propiedades físico-mecánicas, esa reducción la aporta la humedad fenómeno ligado a situaciones climáticas que no se pueden predeterminedar pero si controlar su afectación con preservantes, lo cual aumentaría este valor (0.74).
- Factor de reducción por tamaño = 1.1, este valor representa un incremento en cuanto a seguridad, y se ve reflejado en la sollicitación que se tiene de resistencia a medida que se aumenta el tamaño del elemento estructural; es decir, si aumento dimensiones disminuyo MOR y al disminuir MOR disminuye la capacidad de soporte de la carga. El factor sale de relacionar el peralte de vigas a escala natural con el peralte de probetas falladas. (Relación de Bohannan).
- Duración de carga = 1.15, representa aumento en cuanto a la disminución que se presenta de esfuerzos de rotura a través del tiempo.
- Factor de seguridad y servicio 1.20, es un factor de aumento en cuanto a garantizar el comportamiento adecuado de las estructuras en condiciones normales, este valor esta excepto de errores cometidos en las condiciones iniciales de diseño; la validez de este factor lo aclara la grafica de carga vs. deformaciones donde se ve claramente el límite elástico y plástico; el tanteo se tomo en primera instancia por apreciaciones de tipo visual al momento de realizar los ensayos y por conocimiento de las propiedades estructurales del material.
- La variación del tamaño de las muestras es un error de tipo humano, es decir el corte de las probetas estaba fuera del alcance de los autores.

4.2 ARENILLO

- La varianza tiene un valor un poco menor en comparación con el sapan este implica que no hay el mismo grado de agrupamiento de los valores y el rango de variación de los mismos es un poco mas amplio, esto tiene implicaciones en la ecuación algebraica que describe el factor de corrección, es decir a menor numero de muestras mayor valor de varianza (dispersión).

- “En apariencia se podría decir que” el Arenillo esta en igualdad de condiciones con el Sapan y estructuralmente su comportamiento es el mismo, por apariencia física y por la línea de falla. (# D.B. = 0.32).
- Estas probetas son más livianas que el sapan pero aparenta mayor resistencia que el Sapan.
- El periodo de tiempo que transcurre desde el momento que se presenta la primera rotura de las fibras hasta la falla final en términos de resistencia es relativamente mas corto que las maderas con densidad alta (Sapan), permitiendo un margen de seguridad corto en caso de excedencia de carga sobre la estructura.
- La clasificación visual de las probetas arrojo buenos resultados al observar el alabeo, duramen, nudo, grieta, perforaciones, pudrición y rajaduras entre otros, la dispersión en las graficas evidencian la escogencia hecha.
- En cuanto a los factores obtenidos se dan las mismas reducciones y aumentos que en el sapan, es regla general.

4.3 PINO

PARAMETROS ESTADISTICOS DEL FACTOR DE CORRECCION			
MEDIA	=	μ	0.3840997
DESVIACION	=	σ	0.07955137
VARIANZA	=	σ^2	0.006328

- Es evidente la capacidad portante al momento de ensayarlo, es decir, no hay anuncio de falla sino que se presenta instantáneamente.

- Al ensayar las probetas se presentó una variación no muy uniforme en cuanto a la carga de rotura, hubo muestras que soportaban por encima de los 220 kg. mientras que otras no superaban los 150kg. aunque esta carga es proporcional a la deformación.
- En cuanto a la dispersión de datos se hizo necesario descartar valores que estaban demasiado alejados de la media, la varianza refleja la dispersión, este reajuste de datos siendo aun el tamaño de la población pequeño se deja definir por una ecuación algebraica.
- En cuanto al factor de seguridad y servicio se tomo el valor de 2, valor recomendado por la norma, porque su poca resistencia se evidencia tanto en el ensayo como en las propiedades de clasificación aunque no quiera decir que estructuralmente no funcione.

CONCLUSIONES

- Se ve claramente la gran diferencia que hay entre los factores de uno y otro espécimen, además de que a mayor resistencia menor reducción de esfuerzos e inversamente.
- Si se maneja un error estándar, estos valores varían en el orden del 0.9 al 1.4%.
- Los factores de corrección de esfuerzos últimos para el diseño de elementos de madera recomendados por la Norma Sismo Resistente NSR-98 son los siguientes:

Cuadro No. 19 Factores de Corrección de Esfuerzos Últimos (NSR-98)

F.C.	=	Factor de reducción por calidad =	0,8
F.T.	=	factor de reducción por tamaño =	0,9
F.S.	=	factor de servicio y seguridad =	2
F.D.C.	=	factor de duración de carga =	1,15
		Factor de corrección =	0,313

Y los valores obtenidos de factores de corrección para cada grupo de madera según su clasificación estructural son los siguientes:

Cuadro No. 20 Factores de Corrección para cada grupo de madera

	F.C.	F.T.	F.S.	F.D.C.	FACTOR DE CORRECCION
Sapan	0,75	1,11	1,2	1,15	0,60
Arenillo	0,85	1,11	1,6	1,15	0,52
Pino	0,86	1,11	2	1,15	0,38

Cuadro No. 21 Comparación de Factores NSR-98 vs. Calculado

SAPAN					
	F.C.	F.T.	F.S.	F.D.C.	FACTOR DE CORRECCION
NORMA NSR-98	0.8	0.9	2	1.15	0.31
CALCULADO	0.75	1.11	1.2	1.15	0.80
ARENILLO					
	F.C.	F.T.	F.S.	F.D.C.	FACTOR DE CORRECCION
NORMA NSR-98	0.8	0.9	2	1.15	0.31
CALCULADO	0.85	1.11	1.6	1.15	0.52
PINO					
	F.C.	F.T.	F.S.	F.D.C.	FACTOR DE CORRECCION
NORMA NSR-98	0.8	0.9	2	1.15	0.31
CALCULADO	0.86	1.11	2	1.15	0.38

Se evidencia la gran diferencia que hay entre los grupos de clasificación y los valores dados en la norma, la incidencia de estos factores se refleja en las dimensiones y capacidad de soporte de los elementos diseñados con estos materiales; en cuanto a los valores individuales de los factores de corrección la gran diferencia esta en el factor de reducción por calidad y el factor de servicio y seguridad.

Lo que indica cada uno de ellos es la afectación de la calidad del servicio en cuanto a la calidad del material, es decir, el factor de calidad es directamente proporcional y el factor de seguridad y servicio es inversamente proporcional al factor de corrección, entonces, relacionando estos dos factores obtenemos el verdadero factor que relaciona la calidad del servicio prestado con las propiedades del material, de la relación se obtiene:

$$\text{Sapan} = 0.75 / 1.20 = 0.625$$

$$\text{Arenillo} = 0.85 / 1.6 = 0.531$$

$$\text{Pino} = 0.86 / 2 = 0.43$$

Indiscutiblemente el Sapan es superior a los otros especímenes, el Arenillo seguidamente y por último el Pino, misma posición que ocupan en cuanto a resistencia, (por encima pero en menor cantidad de reducción del esfuerzo).

- Una variable importante que toma fuerza en el factor de servicio y seguridad, es la variación de dimensiones, esto se debe a la humedad que pueda llegar a quedarle al elemento aun después del proceso de secado, aun siendo esta humedad el factor que determina en que grupo de clasificación estructural se encuentra la muestra, la corrección pertinente a este, es lograr una buena aproximación en las dimensiones supuestas en el análisis y diseño con las dimensiones reales de los elementos. (experiencia).

- Una apreciación bien importante a tener en cuenta es que el factor de seguridad no está destinado a cubrir errores en las estimaciones de carga, la determinación de esfuerzos, el diseño, ni defectos de construcción importantes.

- La falla súbita del pino al llegar al módulo de rotura, lo hace un material no apto para la conformación de elementos principales en construcción.

RECOMENDACIONES

El proceso aplicado a las maderas descritas en este proyecto es aplicable a cualquier tipo de madera, durante el proceso para hallar los factores de corrección se observaron algunos aspectos que pueden cambiarse o modificarse según lo requiera los pasos que se sigan, esta es la razón por la cual se hacen las siguientes recomendaciones:

- Comprobar las ecuaciones que definen el modulo de rotura MOR para las vigas a escala real.
- Replantear los factores de incidencia en la determinación del factor de seguridad y servicio para cada grupo estructural.
- Evaluar que tanta incidencia tiene el factor de duración de carga en la determinación del factor de corrección y la pertinencia de incluirlo o por el contrario excluirlo totalmente de la formula.
- Determinar la variación de los factores cuando las probetas no están totalmente libres de defectos y compararlos con los resultados obtenidos para los mismos especimenes utilizados.

BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DE DISEÑO PARA MADERA DEL GRUPO ANDINO. Junta del acuerdo de Cartagena PADT-REFORT. 4ª edición preliminar. Lima Perú.
2. LAS MADERAS EN COLOMBIA. Universidad Nacional de Colombia. SENA. Centro Colombo Canadiense de la Madera. Medellín, Colombia, 1993
3. NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-98. Tomo 3, Título G. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Colombia, 1998
4. MANUAL DE LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES. Álvaro Rey Soto. Publicaciones UIS., 1984
5. REVISTA NOTICRETO. Revista N. 24 Pág. 42
6. CARTILLA DE CONSTRUCCION CON MADERA. PADT-REFORT. Bogotá Colombia, 1984
7. NORMA COLOMBIANA ICONTEC 301. Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera. Bogotá, Colombia
8. NORMA COLOMBIANA ICONTEC 663. Maderas. Bogotá, Colombia

ANEXOS

1. LAS MADERAS EN COLOMBIA Y SU CLASIFICACION EN GRUPOS ESTRUCTURALES
2. USOS Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS MADERAS USADAS EN CONSTRUCCION

1. LAS MADERAS EN COLOMBIA Y SU CLASIFICACION EN GRUPOS ESTRUCTURALES

GRUPO A	
NOMBRE	DENSIDAD BASICA
ALGARROBE	0,77
BALATA-NISPERILLO	0,87
BALSAMO	0,81
CAIMITO	0,74
CARRETO	0,77
CHOIBA	0,85
DINDE-PALO MORA	0,71
DIOMATE GUSANERO	0,87
GUAYABILLO	0,73
GUAYABO COLORADO	0,74
GUAYACAN POLVILLO	0,92
GUAYACAN TREBOL	0,78
NAZARENO	0,89
PUENTE CANDAO	0,76
SAPAN	0,82
TAMARINDO	0,88
D.B.>0,71 gr/cm³=A	

GRUPO B	
NOMBRE	DENSIDAD BASICA
ARENILLO	0,56
CARBONERO	0,6
CHANUL	0,69
CHAQUIRO-SAINO	0,69
COPAIBA	0,6
GUAIMARO	0,65
GUAYABO-PALO PRIETO	0,65
GUAYACAN HOBO	0,58
JAGUA	0,6
MACHARE	0,58
NATO-ALCORNQUE	0,63
OLOROSO	0,68
0,56<D.B.<0,70gr/cm³=B	

GRUPO C	
NOMBRE	DENSIDAD BASICA
ABARCO	0,55
ACEITE MARIA	0,46
ACEITUNO	0,36
ACHAPO	0,37
ALISO CEREZO	0,35
BALSO	0,12
BONGA-CEIBA	0,21
CAMAJON	0,43
CANELO-PARAMO	0,44
CAOBA-PALO SANTO	0,43
CARACOLI-ASPAVE	0,34
CATIVO	0,39
CEDRO	0,42
CEDROMACHO	0,52
CEIBA TOLUA	0,39
CEIBAAMARILLA-C.BLANCA	0,41
CHINGALE-ESCOBILLO	0,35
CHUGUACA-PANTANO	0,55
CIPRES	0,4
COCUELO BLANCO-COCO MUERTO	0,34
DAMAGUA	0,37
DORMILON	0,43
EUCALIPTO	0,55
EUCALIPTO SALIÑA	0,4
FLOR MORADO-MUREILLO	0,47
FRESNO CEDRILLO	0,4
GÜINO-TANGARE	0,49
HOBO COLORADO-JOBO	0,31
INDIO DESNUDO	0,32
MORA-AJI	0,46
NOGAL-CANALETE	0,39
OTOBA SOTO	0,35
PATEGALLINA	0,36
PEINE MONO	0,3
PERILLO NEGRO-POPA	0,51
PINO CHAQUIRO	0,44
PINO	0,43
PINO RADIATA	0,39
PIÑON DE OREJA	0,39
PUNULA	0,45
ROBLE FLOR MORADO	0,54
SAMAN	0,49

GRUPO C	
NOMBRE	DENSIDAD BASICA
SAJO	0,37
SANDE	0,42
SOROGA-DORMILON	0,37
SOTO-VIROLA	0,4
TECA	0,53
D.B.<0,55gr/cm³=C	

2. USOS Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS MADERAS USADAS EN CONSTRUCCION

GRUPO A			
NOMBRE	DENSIDAD BASICA	USO	DISTRIBUCION GEOGRAFICA
ALGARROBE	0,77		
BALATA-NISPERILLO	0,87	const. pesadas, puentes	Mag. Medio, Amaz, Choco, Put., Vaupes
BALSAMO	0,81	const. puentes	Antiguo Mag. Medio, Valle
CAIMITO	0,74	Vigas, col, pisos, const. en general	Mag. Medio, Costa Pacifico, Calima, Choco
CARRETO	0,77	vig, escaleras, peldaños	
CHOIBA	0,85	pisos industriales	
DINDE-PALO MORA	0,71	pisos, construcciones pesadas, puentes	Antiguo Caldas, Tol, Huila, C/dmarca ,Nstder, Bolívar, Caq
DIOMATE GUSANERO	0,87	const. civil, pisos	
GUAYABILLO	0,73	vig, col, puentes	
GUAYABO COLORADO	0,74	pisos, postes, escalera	
GUAYACAN POLVILLO	0,92	puentes	Amaz, Uraba, Magdalena Medio, Vaupes
GUAYACAN TREBOL	0,78	puentes	
NAZARENO	0,89	pisos	
PUENTE CANDAO	0,76	const. pesadas, vig., col., techos, pisos	Mag. Medio, Antq, Uraba, Choco, Arauca
SAPAN	0,82	Pisos, const. en general.	
TAMARINDO	0,88	puentes	

GRUPO B			
NOMBRE	DENSIDAD BASICA	USO	DISTRIBUCION GEOGRAFICA
ARENILLO	0,56	const. Normal, int.	Magdalena Medio, Amaz, Choco
CARBONERO	0,6	Pilotes, const. marinas, vig., pisos	Uraba, Tumaco, Magdalena Medio, Choco, Amaz
CHANUL	0,69	Pisos, const. pesadas a la intemperie	Costa Pacifica, Calima, Patia
CHAQUIRO-SAINO	0,69	const. civil	Magdalena Medio, Río Cauca, Vaupes
COPAIBA	0,6	pisos, vivienda en el trópico	
GUAIMARO	0,65		
GUAYABO-PALO PRIETO	0,65	const. pesadas, puentes, pisos, construcción general	Uraba, Amaz, Magdalena Medio, Choco
GUAYACAN HOBO	0,58	obras civiles	
JAGUA	0,6		
MACHARE	0,58	puentes	Uraba, Litoral Pacifico, Calima, San Juan
NATO-ALCORNQUE	0,63	pilote, vivienda, vig, pisos, col, construcciones pesadas a la intemperie	Región Pacifica
OLOROSO	0,68	puentes	

GRUPO C			
NOMBRE	DENSIDAD BASICA	USO	DISTRIBUCION GEOGRAFICA
ABARCO	0,55	vig, viguetas, col	Costa, Choco, Atrato, Put., Uraba
ACEITE MARIA	0,46	puentes	Carare, Amaz., Llanos
ACEITUNO - CEDRILLO	0,36	const. Livianas, int.	Vaupes, Magdalena. Medio, Tol., Amaz., Huila, Antiq.
ACHAPO	0,37	const. Livianas, int.	Amaz., Nariño, Put.
ALISO CEREZO	0,35	formaletas	C/dmarca, Antq., Boy., Caldas, Rsda.
BALSO	0,12		
BONGA-CEIBA	0,21		
CAMAJON	0,43	const. Int.	Costa Atlántico., Choco, Uraba
CANELO-PARAMO	0,44	const. int., paneles	
CAOBA-PALO SANTO	0,43		
CARACOLI-ASPAVE	0,34	vivienda rural, pisos	Valle, S/tder, Uraba, Mag. Medio
CATIVO	0,39	vgtas para techos livianas	Río Atrato
CEDRO	0,42		
CEDROMACHO	0,52	pisos	
CEIBA TOLUA	0,39	construcción	Magdalena, Chicamocha
CEIBAAMARILLA-C.BLANCA	0,41		
CHINGALE-ESCOBILLO	0,35		
CHUGUACA-PANTANO	0,55	Pisos, pilotes, techos, const. pesadas a la intemperie	Carare, Uraba, Arauca, Amaz.
CIPRES	0,4	const. Livianas	Antq., Valle, Cauca
COCUELO BLANCO	0,34		

GRUPO C			
NOMBRE	DENSIDAD BASICA	USO	DISTRIBUCION GEOGRAFICA
DAMAGUA	0,37		
DORMILON	0,43	const. int, Ext., pisos, armaduras para techos	Uraba, Mag. Medio, Choco, Costa Pacif
FLOR MORADO-MUREILLO	0,47	Construcción	Caquetá, Arauca
FRESNO CEDRILLO	0,4	revestimientos interiores	
GÜINO-TANGARE	0,49	const. normal, vigas	Costa Pacifica, Mag. Medio, Choco, Uraba, Arauca
HOBO COLORADO-JOBO	0,31		
EUCALIPTO	0,55	Estruc, pilotes, vig cargueras, pisos, soleras, const. Livianas	Bgta, Boy., Antq., Caldas
INDIO DESNUDO	0,32	const. Int.	
MORA-AJI	0,46	construcción civil	Choco, Amaz.
NOGAL-CANALETE	0,39	const. Normal	Zona Cafetera., Uraba, Río Cauca, Saravena
OTOBA SOTO	0,35	panel interno, formaleta	
PATEGALLINA	0,36		
PEINE MONO	0,3	const. Livianas, int.	Meta, Cauca, Antiq., Santander

GRUPO C			
NOMBRE	DENSIDAD BASICA	USO	DISTRIBUCION GEOGRAFICA
PERILLO NEGRO-POPA	0,51		
PINO CHAQUIRO	0,44		
PINO RADIATA	0,39		
PINO	0,43	const. Normal	Uraba, Mag. Medio, Choco, Costa Pacif.
ROBLE FLOR MORADO	0,54	const. Int., madera fina 4° en calidad	Mag. Medio, Cord, Tol., Huila
SAJO	0,37		
SAMAN	0,49	Estructuras medianas	Valle, S/tder, Costa Atlant., Llanos
SANDE	0,42	Const. int., Ext., pisos, armaduras para techos	Tumaco, Calima, Uraba, Mag. Medio, C/dmarca
SOROGA-DORMILON	0,37	const. Normal, revest. Int.	Mag. Medio, Amaz, Caq, Costa Ppacif, Antq
SOTO-VIROLA	0,4		
TECA	0,53	Pisos, pilotes, techos, const. pesadas a la intemperie no corroe metales	

.....AGRADECIMIENTO MUY ESPECIAL
AL INGENIERO RICARDO CRUZ Y A MIGUEL AGUDELO.