



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA
MADERA ZAPOTE PROCEDENTE DE PUERTO MALDONADO PARA LA
IDENTIFICACIÓN DE SUS POSIBLES USOS ESTRUCTURALES SEGÚN
LA NORMA TÉCNICA PERUANA E. 010”

Presentado por:

Barrientos Choque, Luis Rodrigo
Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Salas Forton, Edson Julio

CUSCO – PERÚ
2018



Agradecimientos

Primero agradezco a Dios por guíame por el camino correcto además de brindarme salud y seguridad.

Agradezco a la Universidad Andina del Cusco por dejarme ser parte de sus estudiantes y abrirme las puertas para terminar mi carrera profesional además de darme los medios adecuados para seguir con mi aprendizaje.

Agradezco a mi familia que me brindó apoyo económico y emocional a lo largo de mi carrera profesional.

Agradezco a mi Asesor de Tesis por darme la oportunidad de estar bajo su cargo y brindarme de sus conocimientos los cuales me ayudaron en el desarrollo de esta Tesis.

Para finalizar agradezco a mis compañeros que me acompañaron a lo largo de mi carrera profesional, que me brindaron en ocasiones apoyo e hicieron de mi paso por la universidad una experiencia que con mucha dicha puedo decir fue alegre y excitante.

De: Barrientos Choque, Luis Rodrigo.



Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi madre quien me apoyo y estuvo a mi lado todo este tiempo, a mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme a pesar de que a veces no tenía la disposición necesaria para aprender, pero no se rindieron y me brindaron su apoyo incondicional, a todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis por ellos es esta dedicatoria de tesis ya que gracias a su apoyo no desistí y conseguí concluir este proceso de mi crecimiento profesional.

De: Barrientos Choque, Luis Rodrigo.



Agradecimientos

Agradezco a la UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO por darme la oportunidad de estudiar en su institución y formarme como profesional

Agradezco a toda mi familia en especial a mis padres y a mi tía Paula que me brindaron apoyo económico y emocional a lo largo de mi carrera profesional.

De igual manera agradezco a mi Asesor de Tesis el Ing. Edson Julio Salas Forton por darnos la oportunidad de estar bajo su cargo y brindarme de sus conocimientos los cuales nos ayudaron en el desarrollo de esta Tesis.

También agradezco a todos mis amigos por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencia que nunca olvidare.

De: Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo.



Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres, mis tíos y mis abuelos quienes me apoyaron en todo momento, a mis amigos con los cuales nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, finalmente a mis docentes que siempre dieron lo mejor para brindarme sus conocimientos.

De: Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo.



Resumen

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad la determinación de las propiedades físico-mecánicas de la madera de Zapote proveniente de Puerto Maldonado la capital de Madre de Dios, para así determinar sus posibles usos estructurales según la Norma Técnica Peruana E.010. El material para los ensayos se obtuvo de la zona de Puerto Maldonado, basándonos en la NTP251.008 de selección y colección de muestras, en este caso probetas de madera con diferentes dimensiones, estas dimensiones varían acorde al ensayo a realizar. Al ser maderas destinadas a ensayos físicos y mecánicos se le dio un determinado acondicionamiento acorde a la NTP251.009. Se realizaron los ensayos basándonos en Normas Técnicas Peruanas especificadas en la Norma Técnica Peruana E.010 y fueron los de: “Ensayo para determinar la cantidad de humedad de agua en la madera” (NTP 251.010), “Ensayo para determinar la densidad” (NTP 251.011), “Ensayo para determinar la compresión axial o paralela al grano” (NTP 251.014), “Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano” (NTP 251.013), “Ensayo para determinar la compresión perpendicular al grano”(NTP 251.016), “Ensayo para determinar la flexión” (NTP 251.017), “Ensayo para determinar la tensión paralela a las fibras” (NTP 251.085). Utilizamos criterios estadísticos para el manejo de los datos obtenidos, mediante el uso de las normas aplicamos las fórmulas normadas para la obtención de los resultados. Finalmente interpretamos los resultados acordes a la Norma Técnica Peruana E010. Dando como resultado que la madera de zapote proveniente de Puerto Maldonado es una madera de uso estructural.

Palabras clave:

Madera, Zapote, humedad, densidad, compresión, cizallamiento, flexión, tensión, Norma E.010, perpendicular y paralela.



Abstract

The purpose of this thesis is to determine the physical-mechanical properties of Zapote wood from Puerto Maldonado, the capital of Madre de Dios, in order to determine its possible structural uses according to Peruvian Technical Standard E.010. The material for the tests was obtained from the Puerto Maldonado area, based on the NTP251.008 selection and collection of samples, in this case wooden specimens with different dimensions, these dimensions vary according to the test to be performed. Wood being used for physical and mechanical tests was given a specific conditioning in accordance with NTP251.009. The tests were carried out based on Peruvian Technical Standards specified in the Peruvian Technical Standard E.010 and were those of: "Test to determine the amount of water moisture in the wood" (NTP 251.010), "Test to determine the density" (NTP 251.011), "Test to determine the axial or parallel compression to the grain" (NTP 251.014), "Test to determine the shear parallel to the grain" (NTP 251.013), "Test to determine the perpendicular understanding to the grain" (NTP 251.016) , "Test to determine bending" (NTP 251.017). We use statistical criteria for the management of the data obtained, by using the standards we apply the standardized formulas to obtain the results. Finally, we interpret the results according to the Peruvian Technical Standard E010. Resulting in the fact that zapote wood from Puerto Maldonado is a wood for structural use.

Wood, Zapote, humidity, density, compression, shear, bending, tension, Standard E.010, perpendicular and parallel.



Introducción

En el campo de la ingeniería civil la madera es un material de suma importancia debido a que se le otorga diversas funciones en el proceso constructivo en obras, como en encofrado, viguetas de forjado de piso, construcción de embarcaderos etc., siendo este uno de los materiales de construcción más antiguos que se utiliza hasta la actualidad, teniendo diversas características beneficiosas.

El Perú es un país privilegiados por tener el 60 por ciento de su territorio lleno de bosques tropicales y en la actualidad en la ciudad de Cusco se tiene facilidad al acceso de diversas clases de maderas, pero no todas son bien aprovechadas eso debido a la falta de conocimiento de sus propiedades físico mecánicas, en el presente trabajo se determinara las propiedades físico mecánicas de la madera de Zapote proveniente de Puerto Maldonado, para los cual nos basaremos en la Norma Técnica Peruana E.010.

Determinaremos las propiedades físico mecánicas a través de ensayos realizados en laboratorios, basados en normas técnicas peruanas en las cuales está especificado el procedimiento, herramientas y especificaciones a seguir, los ensayos realizados fueron los de: “Ensayo para determinar la cantidad de humedad de agua en la madera” (NTP 251.010), “Ensayo para determinar la densidad” (NTP 251.011), “Ensayo para determinar la compresión axial o paralela al grano” (NTP 251.014), “Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano” (NTP 251.013), “Ensayo para determinar la compresión perpendicular al grano”(NTP 251.016), “Ensayo para determinar la flexión” (NTP 251.017). Todos los ensayos los realizamos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco.

Los datos obtenidos de los ensayos los trabajamos de acuerdo a fórmulas especificadas en las normas técnicas.



Índice general

Agradecimientos.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	vii
Índice general	viii
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras	xvi
1 Capítulo I: Planteamiento del Problema.....	1
1.1 Identificación del Problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema	2
1.2 Justificación e Importancia de la investigación	3
1.2.1 Justificación técnica	3
1.2.2 Justificación social (desde el punto de vista de la sociedad).....	3
1.2.3 Justificación por viabilidad.	3
1.2.4 Justificación por relevancia.....	3
1.3 Limitaciones de la Investigación.	4
1.3.1 Limitación del objeto de estudio.	4
1.3.2 Limitación del lugar	4
1.3.3 Limitación del tiempo de investigación	4
1.3.4 Limitación Normativa	4
1.3.5 Limitación de material y equipo.....	5
1.4 Objetivo de la investigación	6
1.4.1 Objetivo General	6



1.4.2	Objetivos Específicos	6
2	Capitulo II: Marco Teórico.....	7
2.1	Antecedentes de la tesis	7
2.1.1	Antecedentes a nivel nacional	7
2.1.2	Antecedentes a nivel internacional.....	10
2.2	Aspectos teóricos pertinentes.	13
2.2.1	Madera.....	13
2.2.2	Criterios estadísticos.	44
2.3	Hipótesis	46
2.3.1	Hipótesis general	46
2.3.2	Sub hipótesis	46
2.4	Definición de Variables	47
2.4.1	Variables Independientes	47
2.4.2	Variables Dependientes.....	47
2.4.3	Cuadro de Operacionalización de Variables.	47
3	Capitulo III: Metodología.....	49
3.1	Metodología de la investigación.....	49
3.1.1	Tipo de investigación.	49
3.1.2	Nivel de la investigación.....	49
3.1.3	Método de investigación.	50
3.2	Diseño de investigación.....	50
3.2.1	Diseño metodológico.....	50
3.2.2	Diseño de Ingeniería.....	50
3.3	Población y muestra.....	52
3.3.1	Población.....	52
3.3.2	Muestra.....	52
3.3.3	Criterios de inclusión.	53



3.4	Instrumentos.	54
3.4.1	Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.	54
3.4.2	Instrumentos de ingeniería.	61
3.5	Procedimiento de recolección de datos.....	64
3.5.1	Selección y colección de muestras.	64
3.5.2	Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físico y mecánicos. 67	
3.5.3	Ensayo para determinar la cantidad de humedad de agua en la madera.	67
3.5.4	Ensayo para determinar la densidad.....	70
3.5.5	Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano.....	75
3.5.6	Ensayo para determinar compresión axial o paralela al grano.....	80
3.5.7	Ensayo para determinar la compresión perpendicular al grano.	85
3.5.8	Ensayo para determinar la flexión estática.....	92
3.5.9	Ensayo de determinación de la tensión paralela a las fibras.....	97
3.1	Procedimiento de Análisis de datos.....	102
3.1.1	Densidad.....	102
3.1.2	Cizallamiento paralelo al grano.....	108
3.1.3	Compresión paralela o axial al grano.....	116
3.1.4	Compresión perpendicular al grano.	123
3.1.5	Flexión estática.....	136
3.1.6	Tensión paralela al grano.	143
4	Capítulo IV: Resultados.	148
4.1	Resultados de ensayo de Propiedades Físicas.	148
4.1.1	Resultados del ensayo de Densidad Básica.....	148
4.2	Resultados de ensayo de Propiedades Mecánicas.	149
4.2.1	Resultados del ensayo de Cizalladura Paralela al grano.	149
4.2.2	Resultados del ensayo de Compresión Paralela o Axial al grano.	149



4.2.3 Resultados del ensayo de Compresión Perpendicular al grano..... 150

4.2.4 Resultados del ensayo de Flexión Estática al grano..... 150

4.2.5 Resultados del ensayo de Tensión Paralela al grano..... 151

5 Capítulo V: Discusión 152

5.1 Al momento de realizar la investigación ¿Por qué razón se eligió la madera Zapote?
152

5.2 Al momento de realizar la investigación. ¿Por qué se utilizó la madera Zapote de la
zona de Puerto Maldonado? 152

5.3 Al momento de realizar la investigación. ¿Se puede conseguir cantidades
considerables de la madera Zapote?..... 152

5.4 Durante el corte de las probetas. ¿Se presentaron dificultades?..... 152

5.5 Al momento de ensayar las probetas. ¿Las probetas presentaron deformaciones
debido a las cargas aplicadas?..... 152

5.6 Durante la evaluación de las probetas ¿Qué tipo de madera era según su cantidad de
humedad? ¿Por qué utilizaron este tipo?..... 152

5.7 Durante el acondicionamiento de las probetas ¿Fue significativa la ayuda al colocar
parafina caliente en determinados extremos de las probetas?..... 153

5.8 Concerniente al tema económico ¿Es más económico la utilización de la madera
zapote a diferencia de otras maderas para usos estructurales en la ciudad del Cusco?..... 153

5.9 Ya finalizada la tesis de investigación. ¿La utilización de la madera Zapote
disminuiría la tala de las especies en peligro de extinción?..... 153

6 Glosario. 154

7 Capítulo VI: Conclusiones 157

7.1 Se demostró la hipótesis general donde nos indica. “Las propiedades físico-
mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado nos permitirá aplicarla en
usos estructurales de acuerdo a la NTP E.010” 157

7.2 Se demostró la sub hipótesis 1 nos indica: “Las propiedades físicas de la madera
Zapote procedente de Puerto Maldonado clasificaran para su uso estructural”..... 157

7.3 Se demostró la sub hipótesis 2 nos indica: “Las propiedades mecánicas de la madera
Zapote procedente de Puerto Maldonado clasificaran para su uso estructural”..... 157



7.4 Se demostró la sub hipótesis 3 nos indica: “La madera Zapote procedente de Puerto Maldonado está clasificado en el grupo “A” según la norma técnica peruana E.010”. 158

8 Recomendaciones..... 159

8.1 Recomendación N°1..... 159

8.2 Recomendación N°2..... 159

8.3 Recomendación N°3..... 159

8.4 Recomendación N°4..... 159

8.5 Recomendación N°5..... 159

8.6 Recomendación N°6..... 159

8.7 Recomendación N°7..... 159

9 Bibliografía..... 160

10 Anexos..... 162

10.1 Tabla t de student..... 162

10.2 Datos Compresión Axial o Paralela al grano..... 163

10.3 Datos de Compresión Perpendicular al grano. 183

10.4 Datos de Flexión Estática. 203

10.5 Datos de Tensión Paralela a la fibra. 223

10.6 Matriz de consistencia 243

10.7 Fichas de laboratorio 245

10.8 Datos de compresión paralela o axial al grano. 251

10.9 Datos de compresión perpendicular al grano..... 291

10.10 Datos Flexión estática..... 332

10.11 Datos Tensión Paralela al Grano. 373

10.12 Normas técnicas..... 413



Índice de tablas

Tabla N° 1 Clasificación de árboles según su crecimiento.	14
Tabla N° 2 Clasificación general de los árboles.	15
Tabla N° 3 Defectos en la madera.....	28
Tabla N° 4 Organismos que degradan la madera.	30
Tabla N° 5 Madera según su cantidad de humedad.	33
Tabla N° 6 Características de la especie.	41
Tabla N° 7 Características de la madera.	42
Tabla N° 8 Densidad Básica.....	43
Tabla N° 9 Módulo de Elasticidad.	43
Tabla N° 10 Esfuerzos Admisibles.	44
Tabla N° 11 Cuadro de operacionalización de variables	48
Tabla N° 12 Ficha de recolección de datos para Contenido de humedad.	55
Tabla N° 13 Ficha de recolección de datos para Compresión paralela o axial al grano.	56
Tabla N° 14 Ficha de recolección de datos para Compresión perpendicular al grano.....	57
Tabla N° 15 Ficha de recolección de datos para Flexión axial.	58
Tabla N° 16 Ficha de recolección de datos para Cizallamiento paralelo al grano.....	59
Tabla N° 17 Ficha de recolección de datos para Tensión paralela a las fibras.	60
Tabla N° 18 Datos de Contenido de Humedad.	69
Tabla N° 19 Datos de la densidad básica.	74
Tabla N° 20 Datos de Cizalladura paralela al grano.	79
Tabla N° 21 Datos de Compresión axial o paralela al grano.	84
Tabla N° 22 Compresión perpendicular al grano.	91
Tabla N° 23 Flexión estática.	96
Tabla N° 24 Datos de Tensión paralelas a las fibras.....	100
Tabla N° 25 Análisis de la Densidad Básica.....	103
Tabla N° 26 Media, desviación estándar y Chauvenet de densidad básica.....	104
Tabla N° 27 Valores de Promedios aritmético de Densidad Básica corregidos 1	106
Tabla N° 28 Valores de Promedios aritmético de Densidad Básica corregidos 2.	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla N° 29 Valores de Promedios aritmético de Densidad Básica corregidos 3.	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla N° 30 Análisis de datos de Cizallamiento Paralelo al grano.....	109



Tabla N° 31 Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Cizallamiento Paralelo al grano..... 110

Tabla N° 32 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Cizallamiento Paralelo al grano 1. 112

Tabla N° 33 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Cizallamiento Paralelo al grano 2. 113

Tabla N° 34 Análisis de Datos de Compresión Axial o Paralela al grano. 117

Tabla N° 35 Datos de la Resistencia máxima a compresión, E. L. P. y M.O.E. 118

Tabla N° 36 Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión axial o Paralelo al grano..... 119

Tabla N° 37 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Axial o Paralelo al grano 1. 121

Tabla N° 38 Análisis de los Datos de Compresión Perpendicular..... 124

Tabla N° 39 Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano..... 125

Tabla N° 40 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 1. 126

Tabla N° 41 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 2. 128

Tabla N° 42 Análisis de Datos de Flexión Estática. 137

Tabla N° 43 Datos de la Resistencia máxima a compresión, E. L. P. y M.O.E. 138

Tabla N° 44 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Flexión Estática 1. 139

Tabla N° 45 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Flexión Estática 2. 141

Tabla N° 46 Análisis de Datos de Tensión Paralela al grano..... 144

Tabla N° 47 Datos de la Modulo de Ruptura y Modulo de elasticidad. 145

Tabla N° 48 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Tensión Paralela al grano. 147

Tabla N° 49 Resultados del ensayo de Densidad Básica. 148

Tabla N° 50 Tabla de Densidad Básica según grupo. 148

Tabla N° 518 Tabla de los esfuerzos admisibles según grupo y ensayo..... 149

Tabla N° 529 Resultados del ensayo de Cizalladura Paralela al grano..... 149

Tabla N° 53 Resultados del ensayo de Compresión Paralela o Axial al Grano. 149



Tabla N° 54 Resultados del ensayo de compresión Perpendicular al grano. 150

Tabla N° 55 Resultados del ensayo de Flexión Estática. 150

Tabla N° 56 Resultados del ensayo de Tensión Paralela al grano. 151



Índice de figuras

FIGURA N°1 CARPINTERÍAS EN LA CIUDAD DEL CUSCO.....	1
FIGURA N°2 ENSAYOS A MADERAS.....	2
FIGURA N°3 MADERA ZAPOTE.....	5
FIGURA N°4 TALA DE ÁRBOLES.....	13
FIGURA N°5 SERVICIO FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE (SERFOR).....	14
FIGURA N° 6 ESTRUCTURA DE MADERA 1.	15
FIGURA N° 7 ESTRUCTURA DE MADERA 2.	16
FIGURA N° 8 TECHO CON ESTRUCTURA DE MADERA.....	17
FIGURA N° 9 MUEBLES DE MADERAS.	19
FIGURA N° 10 PISO DE MADERA.....	19
FIGURA N° 11 ANILLOS DE CRECIMIENTO.....	20
FIGURA N° 12 CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS DE LA MADERA.	21
FIGURA N° 13 PARTES PRINCIPALES DE UN TRONCO DE EDAD.	22
FIGURA N° 14 ANISOTROPÍA DE LA MADERA.....	23
FIGURA N° 15 PATRONES COMUNES DE ASERRADO.....	24
FIGURA N° 16 TIPOS DE CORTE DE TABLEROS.	24
FIGURA N° 17 SECADO Y CURADO DE LA MADERA.	25
FIGURA N° 18 DEFECTOS DE LA MADERA DURANTE EL SECADO.....	27
FIGURA N° 19 SECADO DE LA MADERA AL AIRE LIBRE	27
FIGURA N° 20 SECADO DE LA MADERA DE FORMA PROTEGIDA.	28
FIGURA N° 21 COMPRESIÓN PERPENDICULAR.....	35
FIGURA N° 22 COMPRESIÓN PARALELA.....	35
FIGURA N° 23 FLEXIÓN.....	36
FIGURA N° 24 TRACCIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.....	38
FIGURA N° 25 TRACCIÓN PERPENDICULAR A LAS FIBRAS.	39
FIGURA N° 26 TRACCIÓN OBLICUO A LAS FIBRAS.	39
FIGURA N° 27 RELACIÓN TÍPICA ESFUERZO-DEFORMACIÓN.....	40
FIGURA N° 28 MAQUINA UNIVERSAL PARA ENSAYO DE MATERIALES.	61
FIGURA N° 29 MAQUINA UNIVERSAL PARA ENSAYO DE MATERIALES.	61
FIGURA N° 30 BALANZA DE PRECISIÓN 0.10G. FUENTE: PROPIA.	62
FIGURA N° 31 VERNIER.....	62
FIGURA N° 32 HIGRÓMETRO.	63
FIGURA N° 33 HORNO ELÉCTRICO	63
FIGURA N° 34 DEFORMÍMETRO ELE.	64
FIGURA N° 35 TRONCO ÁRBOL ZAPOTE.....	65
FIGURA N° 36 ÁRBOL ZAPOTE.	65



FIGURA N° 37 TALA DE ÁRBOL ZAPOTE. 66

FIGURA N° 38 CORTE DEL TRONCO EN VIGUETAS..... 66

FIGURA N° 39 TRANSPORTE DE MADERA. 66

FIGURA N° 40 PESANDO PROBETAS PARA ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD. 68

FIGURA N° 41 PROBETAS SACADAS DEL HORNO. 68

FIGURA N° 42 ENUMERAMOS LAS PROBETAS CON TINTA INDELEBLE. 71

FIGURA N° 43 MEDICIÓN DE LAS PROBETAS..... 72

FIGURA N° 44 PESAMOS LAS MUESTRAS 72

FIGURA N° 45 PROBETAS EN UNA BANDEJA PARA PONERLAS AL HORNO. 72

FIGURA N° 46 PESADO DESPUÉS DEL HORNO..... 73

FIGURA N° 47 OBTENCIÓN DE LA HUMEDAD. 73

FIGURA N° 48 FALLAS EN EL ENSAYO DE DENSIDAD. 73

FIGURA N° 49 DIMENSIONES DE PROBETA PARA ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO. 76

FIGURA N° 50 PESANDO PROBETAS DE ENSAYO DE CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO..... 76

FIGURA N° 51 MEDICIÓN DE PROBETA. FIGURA N° 52 PORCENTAJE DE HUMEDAD 77

FIGURA N° 53 MAQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES PARA EL ENSAYO..... 77

FIGURA N° 54 COLOCACIÓN DE PROBETAS. FIGURA N° 55 APLICACIÓN DE PRESIÓN 78

FIGURA N° 56 FALLAS POR CIZALLAMIENTO 1. FIGURA N° 57 FALLAS POR CIZALLAMIENTO 2. 78

FIGURA N° 58 MUESTRAS COMPRESIÓN AXIAL1. FIGURA N° 59 MUESTRAS COMPRESIÓN AXIAL2. 81

FIGURA N° 60 PESANDO PROBETAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO. 82

FIGURA N° 61 COLOCANDO MUESTRA. FIGURA N° 62 MUESTRA COLOCADA. 82

FIGURA N° 63 DEFORMÍMETRO EN LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN 83

FIGURA N° 64 LECTURAS EN LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN. 83

FIGURA N° 65 FALLAS POR COMPRESIÓN AXIAL. FIGURA N° 66 FALLAS POR COMPRESIÓN AXIAL2. 84

FIGURA N° 67 PROBETAS PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR..... 86

FIGURA N° 68 SECCIÓN TRANSVERSAL. FIGURA N° 69 LONGITUD..... 87

FIGURA N° 70 MIDIENDO EL CONTENIDO DE HUMEDAD CON HIGRÓMETRO. 87

FIGURA N° 71 PESANDO PROBETAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR. 88

FIGURA N° 72 FIGURA N° 72 MAQUINA DE COMPRESIÓN DEL LABORATORIO..... 88

FIGURA N° 73 PLACAS METÁLICAS. 89

FIGURA N° 74 BRIQUETA EN MÁQUINA DE COMPRESIÓN 89

FIGURA N° 75 COLOCACIÓN DEL DEFORMÍMETRO..... 89

FIGURA N° 76 FIGURA N° 76 LECTURAS DE CARGA DE LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN. 90

FIGURA N° 77 FALLA POR COMPRESIÓN 1. FIGURA N° 78 FALLA POR COMPRESIÓN 2. 90

FIGURA N° 79 PROBETAS DE MADERA PARA ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA..... 93

FIGURA N° 80 PESANDO PROBETAS DE ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA..... 93

FIGURA N° 81 ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA. 94

FIGURA N° 82 COLOCACIÓN DE LA PROBETA EN LA MAQUINA UNIVERSAL. 94



FIGURA N° 83 SOPORTES.	FIGURA N° 84 RODILLOS.	95
FIGURA N° 85 FALLA EN ENSAYO FLEXIÓN 1.	FIGURA N° 86 FALLA EN ENSAYO FLEXIÓN 2.	95
FIGURA N° 87 DIMENSIONES DE PROBETA PARA ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.		98
FIGURA N° 88 ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LAS FIBRAS.		99
FIGURA N° 89 MORDAZAS.	FIGURA N° 90 FALLA POR TRACCIÓN.	99
FIGURA N° 91 FALLAS EN LA PROBETA	FIGURA N° 92 FALLAS EN LA PROBETA.	100

Capítulo I: Planteamiento del Problema.

1.1 Identificación del Problema

1.1.1 Descripción del problema

Varias son las especies de maderas de árboles de las cuales se tiene conocimientos en la actualidad, con el fin de su aplicación en diversos campos como son la fabricación de mobiliarios, como combustible, para la obtención de productos derivados y el más relevante su uso en la Ingeniería Civil como en la construcción de estructuras.

La cantidad de especies de madera a las que se tiene acceso en la ciudad del Cusco es basta como la madera tornillo, pumaquiro, copaiba, zapote, aguano, killa borbon, caraña, moena, eshpingo, misa etc. pero solo un determinado grupo de maderas es utilizado para el campo de la Ingeniería Civil como la madera de misa y copaiba.



Figura N°1 Carpinterías en la ciudad del Cusco.

Fuente: Propia.

Esto es debido a la falta de información concerniente a sus propiedades físicas – mecánicas, la determinación de las propiedades físico mecánicas de la madera se puede realizar con la ayuda de procedimientos debidamente elaborados además de estar normados, como en la “Norma Técnica Peruana E. 010”, con el fin de su aplicación en el campo de la Ingeniería Civil mediante la identificación de sus posibles usos estructurales como son de viguetas, correas, entablados, muros entramados, techos, columnas etc.



Figura N°2 Ensayos a maderas.

Fuente: INFOR

La utilización de la madera en el campo de la Ingeniería Civil en la actualidad, es básicamente indispensable debido a sus características y propiedades físicas que brindan facilidades de uso y trabajabilidad en la Construcción Civil. Conocer más acerca de sus propiedades físico - mecánicas es un gran aporte al conocimiento de Ingeniería Civil que beneficiara a empresas y consumidores ya que con esta información se puede determinar que usos estructurales se les puede atribuir.

1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Según las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado que uso estructural se le puede aplicar acorde a la Norma Técnica Peruana E.010?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 1: ¿Según las propiedades físicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado cumplirán para su uso estructural?

Problema específico 2: ¿Según las propiedades mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado cumplirán para su uso estructural?

Problema específico 3: ¿En qué grupo clasificara la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado acorde a lo estipulado en la norma técnica peruana E.010?



1.2 Justificación e Importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

La presente investigación está orientada a la rama de la Ingeniería Civil de Estructuras y Construcción. Consiste en determinar las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote de la zona de Puerto Maldonado, para la identificación de sus usos estructurales acorde a la Norma Técnica Peruana E 010 y norma ISO TC – 165 del INBAR así mismo para la selección y colección de muestras se utilizó la NTP 251.008, para realizar el acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos se utilizó la NTP 251.009, para el ensayo de contenido de humedad se utilizó la norma NTP 251.010, para el ensayo de densidad se utilizó la NTP 251.011, para el ensayo de cizallamiento paralelo al grano se utilizó la NTP 251.013, para el ensayo de compresión axial o paralela al grano se utilizó la norma NTP 251.014, para el ensayo de compresión perpendicular al grano se utilizó la norma NTP 251.016, para el ensayo de flexión estática se utilizó la norma NTP 251.017 y para el ensayo de tensión paralela a las fibras se utilizó la norma ISO TC – 165 del INBAR.

1.2.2 Justificación social (desde el punto de vista de la sociedad)

Gracias a este estudio se determinará la utilidad de la madera de Zapote a partir de sus propiedades físico mecánicas, incrementando el número de especies de árboles cuya madera es utilizada en el área de la Construcción Civil. También beneficiara a estudiantes de la escuela de Ingeniería Civil como fuente de información y base para estudios similares.

1.2.3 Justificación por viabilidad.

La investigación se podrá realizar sin ningún tipo de inconveniencias ya que contamos con toda la información y herramientas necesarias las cuales se encuentran a nuestra disposición en el laboratorio de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, los métodos a utilizar para la realización del estudio ya están estipulados en la Norma Técnica Peruana E0.10 y ISO TC – 165 del INBAR, su realización no tiene un costo significativo por lo tanto es viable económicamente.

1.2.4 Justificación por relevancia.

Esta investigación es solo un punto de partida para la evaluación de propiedades físico mecánicas de otras especies de árboles no tan conocidas ni utilizadas en la región del Cusco, siendo de gran ayuda para no poner en peligro de extinción las especies que en la actualidad se



explotan a través de la tala excesiva, dándonos una alternativa en la utilización de la madera de Zapote en el campo de la Ingeniería Civil.

1.3 Limitaciones de la Investigación.

1.3.1 Limitación del objeto de estudio.

La investigación se limita a analizar las propiedades físico-mecánicas de la madera zapote de la zona de Puerto Maldonado.

1.3.2 Limitación del lugar

La investigación se ubica en la ciudad del Cusco, en el distrito de San Jerónimo, Universidad Andina del Cusco, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Laboratorio de suelos y concreto.

1.3.3 Limitación del tiempo de investigación

La investigación se da en el transcurso del año 2017 a 2018.

1.3.4 Limitación Normativa

La investigación usara las normas E. 010.

- NTP 251.008 MADERAS. Selección y colección de muestras.
- NTP 251.009 MADERAS. Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.
- NTP 251.010 MADERA. Métodos para Determinar el Contenido de Humedad
- NTP 251.011 MADERA. Método para Determinar la Densidad.
- NTP 251.013 MADERAS. Método para Determinar del Cizallamiento Paralelo al Grano.
- NTP 251.014 MADERAS. Método para Determinar de la Compresión Axial o Paralela al Grano.
- NTP 251.016 MADERAS. Método para Determinar de la Compresión Perpendicular al Grano.
- NTP 251.017 MADERAS. Método para Determinar la Flexión Estática.
- NTP 251.085 MADERAS. Determinación de la Tensión Paralela a las Fibras.
- Norma ISO TC – 165 del INBAR. Determinación de la Resistencia Mecánica a la Tensión.

1.3.5 Limitación de material y equipo

Los materiales y equipos necesarios para la presente investigación tienen las siguientes características.

Materiales

- Madera del árbol Zapote, la madera que utilizamos es secada al aire la cual estuvo secándose durante 3 meses.



Figura N°3 Madera zapote.

Fuente: Propia.

Equipos

Los siguientes equipos que utilizamos son de la propiedad del “**Laboratorio de Suelos y Concreto**” de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco.

- Máquina universal.
- Máquina de compresión simple.
- Higrómetro.
- Vernier.
- Balanza de precisión.
- Horno eléctrico.

El “**Laboratorio de Suelos y Concreto**” de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco al no poseer el **deformímetro** procedimos a alquilar uno, la utilización del deformímetro en los ensayos de compresión axial o paralela al grano y compresión perpendicular al grano era de contacto constante con la máquina de compresión simple para así obtener datos de manera constante, para lo cual se habilitó una base de metal pesado para que la ubicación de la base del deformímetro no se viera afectada y evitar la obtención de datos erróneos durante el proceso del ensayo de laboratorio.



1.4 Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado para identificar su uso estructural evaluado con la NTP E.010.

1.4.2 Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1:

Determinar las propiedades físicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado según la NTP E.010.

Objetivo Específico 2:

Determinar las propiedades mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado según la NTP E.010.

Objetivo Específico 3:

Clasificar la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado según la NTP E.010.



Capítulo II: Marco Teórico.

2.1 Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

2.1.1.1 Antecedentes nacional N°1

Autor : Elena Vilcayauri Villa
Institución : Universidad Nacional Agraria La Molina
Facultad : Facultad de Ciencias Forestales
Nivel : Pre - grado
Año : 2009
Ciudad : Lima.
País : Perú.
Título : “Propiedades Físico-Mecánicas de Simarouba amara Aubl. (Marupá) proveniente de la plantación de la Estación Experimental Alexander VonHumboldt”.

Resumen : En el presente trabajo se evalúan las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl. (Marupá) de 23 años, proveniente de las plantaciones experimentales del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, con el fin de identificar su aptitud de uso. Para tal fin se prepararon probetas y realizaron los ensayos respectivos según la Norma ASTM (American Society for Testing and Materials) e INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Privada). Los valores obtenidos se analizaron con una comparación de medias (Tukey y T-student), en los casos de distribución normal, y una comparación de medianas (Kruskall-Wallis y Mann-Witney) en los casos de distribución no normal.

Los resultados obtenidos confirman que el nivel longitudinal influye significativamente en la contracción radial, dureza, clivaje y tenacidad, asimismo, el nivel transversal influye significativamente en la contracción longitudinal, flexión estática (MOR y ELP) y extracción de clavos (lados).

Además, se realizaron análisis de regresión de las propiedades físicas y mecánicas con la densidad básica y el peso específico, respectivamente. Obteniéndose que el peso específico es un buen estimador sólo para la dureza de lados.

Así también, se compararon los resultados obtenidos con otras plantaciones provenientes de Jenaro Herrera de 16 y 27 años, determinándose que la madera en estudio presenta mayor densidad básica, pero es más inestable y con mayor contracción volumétrica. Comparándola con bosque natural, la madera presenta menor densidad y menores valores en sus propiedades



mecánicas, destacándose la gran diferencia en su comportamiento en tenacidad que es tres veces menor y presenta fallas en quebradura.

Finalmente se compararon los resultados con otras especies de uso conocido para determinar las aptitudes de uso, que son: cajonería liviana, carpintería (persianas, zócalos, ficheros, paneles de muebles interiores), revestimiento interno, encofrados, juguetería, tablero de partículas, entre otros.

Conclusión:

- La especie *Simarouba amara* Aubl. presenta a nivel longitudinal variaciones significativas en contracción radial, dureza, clivaje y tenacidad; y a nivel transversal en contracción longitudinal, flexión estática (ELP y MOR) y extracción de clavos (lados).
- La madera estudiada presenta densidad básica, contracción volumétrica, cizallamiento y dureza bajas; mientras que en flexión estática: MOE y MOR, compresión paralela (RM) y compresión perpendicular presentan resistencias muy bajas.

2.1.1.2 Antecedentes nacional N°2

Autor : Flor de Liana Carolina Torres Medina

Institución : Universidad Nacional Agraria La Molina

Facultad : Facultad de Ciencias Forestales

Nivel : Pre - grado

Año : 2009

Ciudad : Lima.

País : Perú.

Título : “Evaluación de las propiedades físico mecánicas de la especie Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt-Ucayali”.

Resumen : Se determinan las propiedades físico-mecánicas del Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) proveniente de plantaciones a campo abierto de 23 años de edad del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt en el departamento de Ucayali, y se propone sus aptitudes de uso.

La metodología empleada para determinar los resultados para la especie y analizar su variación mecánica a nivel longitudinal y radial se hizo de acuerdo a las normas ASTM: D 143 – 94 (Reapproved 2000) y D 5536 - 94 (Reapproved 2004), realizándose luego el análisis estadístico respectivo para determinar las diferencias significativas.



Los resultados demuestran para la madera de esta plantación, que presenta similar comportamiento en las propiedades físicas, tanto en nivel longitudinal como en radial. Mientras que en las propiedades mecánicas las diferencias a nivel longitudinal se presentan para dureza y tenacidad; y en sentido radial para el esfuerzo al límite proporcional y módulo de ruptura, en flexión estática. Clasificándola como de densidad y resistencia mecánica muy baja, recomendándose su uso en carpintería no estructural, cajonería liviana, encofrado, tablero de partículas y contrachapado, debiendo complementarse los dos últimos usos con estudios relacionados con adhesivos.

Conclusión:

- La especie Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) de 23 años de edad proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt, presenta similar comportamiento en las propiedades físicas, tanto en nivel longitudinal como en radial. Sin embargo, hay diferencias significativas para dureza y tenacidad en el nivel longitudinal; y en el esfuerzo al límite proporcional y módulo de ruptura, en flexión estática en el sentido radial.
- La madera de estudiada se clasifica como de densidad y resistencia mecánica muy baja.

2.1.1.3 Antecedentes nacional N°3

Autor : Romel García Parra
Institución : Universidad Andina del Cusco
Facultad : Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Nivel : Pre - grado
Año : 2018
Ciudad : Cusco.
País : Perú.
Título : “Evaluación, análisis y comparación de las propiedades mecánicas y físicas de la madera Copaiba, Miza y Zapote según la norma E.010 en la ciudad de Cusco.”.

Resumen : El trabajo de investigación, respondió a la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, utilizadas en construcción como elemento estructural, el presente estudio nos facilitó el saber con qué recursos contamos, las facilidades y posibilidades de cada madera estudiada y a su vez las posibilidades de poder ser incorporadas al mercado como material de construcción. En la ciudad del Cusco, se tiene muy poca información sobre las propiedades físicas y mecánicas de las maderas más comerciales, por lo

que surgió un problema en su uso y conocer su funcionalidad estructural en la industria de la construcción. El trabajo de investigación, se centró en evaluar, analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas de las maderas más comerciales en la ciudad de Cusco, estas son las maderas Copaiba, Miza y Zapote, específicamente de las madereras que se ubican en la avenida de la Cultura, del distrito de San Sebastián. La investigación se limitó a realizar estudios de las propiedades físicas (ensayo de contenido de humedad, ensayo de densidad Básica) y mecánicas (ensayo de Modulo de elasticidad, ensayo de Flexión, ensayo de Compresión Paralela, ensayo de Compresión Perpendicular, ensayo de Corte Paralelo) de las maderas Copaiba, Miza y Zapote. La investigación, se limitó a realizar las pruebas en madera, secado al ambiente en condiciones normales de humedad relativa y temperatura durante 30 días, para luego ser secadas al horno antes de los ensayos físicos y mecánicos. El objetivo del trabajo de investigación fue el de conocer si las propiedades físicas y mecánicas de la madera Copaiba, Miza y Zapote comercializadas en los principales centros madereros de la ciudad del Cusco, cumplen para el uso estructural en la construcción, para su comparación y pre agrupamiento se utilizó la Norma E 0.10 del reglamento nacional de edificaciones.

Conclusión:

- Se logró comprobar hipótesis general que dice: **“Las propiedades físicas y mecánicas de las maderas copaiba, misa y zapote que se comercializa en la ciudad del cusco clasificaran para su uso estructural en la construcción según la norma E 0.10”**, sustentando los resultados de las pruebas de laboratorio los cuales fueron comprobados con los parámetros de la norma E 0.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Se logró demostrar las sub hipótesis N°1 que dice: **“Los valores de la densidad básica de las maderas copaiba, misa y zapote que se comercializan en la ciudad del cusco clasificaran para su uso estructural en la construcción según la norma E0.10”**. si son óptimas porque están dentro de los parámetros de agrupación como se detalla a continuación la madera misa está dentro del grupo B con una densidad básica de 0.70 gr/cm³, la madera copaiba está dentro del grupo A con una densidad básica 0.74 gr/cm³, la madera Zapote está dentro del grupo A con una densidad básica 0.74 gr/cm³, los datos son comparados y extraídos de la norma E 0.10.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

2.1.2.1 Antecedentes internacional N°1



Autor : Harriet Umerez Olabarria
Institución : Universidad de Valladolid
Facultad : Escuela Técnica Superior De Ingenierías Agrarias
Nivel : Master en ingeniería de Montes
Año : 2015
Ciudad : Valladolid.
País : España.
Título : “Análisis De Propiedades Físicas De La Madera De *Populus x euramericana* Y *Pinus pinaster* Tras Tratamientos De Oleotermia”

Resumen : La madera en aplicaciones al exterior, cuando es de especies poco durables tiene que someterse a tratamientos de preservación. Por lo general los tratamientos actuales consisten en impregnar la madera en autoclave con productos frecuentemente a base de sales metálicas tipo CCA (cobre, cromo y arsénico). El procedimiento desarrollado busca una vía sustitutiva, menos costosa, y sobre todo menos nociva al medioambiente.

El tratamiento de Oleo termia que se utiliza en este estudio consiste en sumergir las piezas de madera en baños de aceite de girasol reciclado a distintas temperaturas de 20°C, 80°C, 130°C y 170°C.

El número total de probetas analizadas es de 600 de las cuales, 300 son probetas de madera de *Populus x euramericana* (Dode) Guiner "I-214" y la otra mitad, son de madera de *Pinus pinaster* Ait.

Las probetas se sometieron a distintos tratamientos y posteriormente se calcularon las propiedades físicas siguientes: Densidad, Absorción de producto, Humedad tras los tratamientos con sales al 75,5% y 94% de humedad relativa, Contracción Volumétrica Total, Coeficiente de Contracción Volumétrica, Contracción Lineal Total e Higroscopicidad siguiendo normas UNE.

Los tratamientos que se dieron a las probetas fueron:

- Tratamiento1 (O20): Inmersión simple durante una hora en un baño de aceite de girasol reciclado a temperatura ambiente.
- Tratamiento 2 (O80): Inmersión durante una hora en un baño de aceite de girasol reciclado caliente a 80°C.
- Tratamiento 3 (O130): Inmersión durante una hora en un baño de aceite de girasol reciclado caliente a 130°C.



- Tratamiento 4 (O170): Inmersión durante una hora en un baño de aceite de girasol reciclado caliente a 170°C.

El tratamiento tiene como objetivos estabilizar la madera dimensionalmente y preservarla, tanto cuando su humedad es alta, por encima del punto de saturación de las fibras, o previamente seca.

Las ventajas del procedimiento son varias: es fácil de seguir, estando al alcance de cualquier utilizador, los costes de inversión y funcionamiento son bajos, se adapta al empleo de sustancias que mejoran la resistencia al agua, constituye una salida para la reutilización de los aceites de la industria agroalimentaria o de subproductos de las industrias del aceite, permite utilizar productos con bajos impactos medioambientales y se puede aplicar sobre la madera verde. El tratamiento puede hacerse con diferentes compuestos que mejoran la resistencia al agua, como aceites, pudiendo contener los aditivos que se elijan. La utilización de cuerpos grasos hace que disminuyan los fenómenos de hinchazón y merma, que son las causas de la deformación de las estructuras y de la aparición de fendas que facilitan la penetración de los agentes que alteran la madera.

Por tanto, este tratamiento mejora las propiedades esenciales que deben tener las maderas para su uso al exterior:

- Estabilidad dimensional conseguida por la combinación del tratamiento térmico y de la presencia de sustancias hidrófobas.
- Reduce la tasa de fisuras periféricas, elimina los agentes patógenos por esterilización y destruye ciertas sustancias tales como el almidón, apetecido por los insectos.

En la actualidad se está intentando definir las condiciones del proceso para diferentes dimensiones de madera y, así como comprobar la eficacia, la elección de los aceites, la formulación de los aditivos, y los costes de inversión y tratamiento.

El procedimiento permite abrir nuevos mercados a madera disponibles en gran cantidad, pero de poca durabilidad natural como el chopo o difíciles de impregnar como el abeto o la píce. Como ya se ha comentado, el procedimiento permitiría reutilizar aceites alimentarios usados, ricos en ácidos grasos libres que pueden establecer enlaces con las hemicelulosas de la madera.

Conclusión:

- En este punto se expondrá de forma breve y concisa las principales conclusiones a las que se ha llegado tras haber analizado los resultados obtenidos en este estudio y tras compararlos con diferentes trabajos de temática análoga. Es conveniente destacar la

heterogeneidad de las probetas, es por esto que los datos obtenidos han de tomarse con mucha cautela.

- El objetivo principal es desarrollar técnicas de tratamientos con productos naturales para mejorar la estabilidad y durabilidad de maderas como *Pinus pinaster* Ait. y de especies poco durables como es el caso del género *Populus*.

2.2 Aspectos teóricos pertinentes.

La presente investigación se ha basado en describir la madera como base de la investigación, destacando sus propiedades físico-mecánicas.

2.2.1 Madera.

2.2.1.1 Concepto básico de la madera.

La madera es un producto natural y renovable que se obtiene de los árboles. Desde el punto de vista biológico, un árbol es una planta leñosa capaz de alcanzar una altura de al menos 6 m (20 pies), que normalmente tiene un único tronco auto-soportado, carece de ramas en los 1,5 m (4 pies) situados por encima del suelo y tiene una copa bien definida. (Mamlouk, 2009).



Figura N°4 Tala de árboles.

Fuente: www.google.com.

En Perú la Autoridad Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú es SERFOR del Ministerio de Agricultura y Riego cuya misión es promover la gestión sostenible y participativa de los recursos forestales y de fauna silvestre, y el aprovechamiento de sus servicios ecosistémicos, brindando servicios de calidad que contribuyan al bienestar de los ciudadanos y ciudadanas. (SERFOR).



Figura N°5 Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

Fuente: www.serfor.com.gob.pe

- **Clasificación de los arboles**
 - **Clasificación según su crecimiento**

Según la forma en la que se desarrollan o crecen los árboles se clasifican de la siguiente manera:

Tabla N° 1 Clasificación de árboles según su crecimiento.

Clasificación de árboles según su crecimiento	
Endógenos	Los árboles endógenos, como el bambú, crecen con fibras entrelazadas. La madera de este tipo de árbol no suele utilizarse en aplicaciones de ingeniería dentro del mundo occidental.
Exógenos	Los árboles exógenos, por su parte, crecen desde el centro hacia afuera mediante la adición de capas concéntricas de madera alrededor del núcleo central.

Fuente: Elaboración propia.

- **Clasificación en un sentido amplio**

Se clasifican en dos:

Tabla N° 2 Clasificación general de los árboles.

Clasificación general de los arboles	
Caducifolios o frondosos	La madera de frondosas suele emplearse para muebles y revestimientos decorativos, debido al agradable patrón de sus vetas. El coste de las frondosas limita sus aplicaciones en el terreno de la construcción.
Coníferas o perennes	En general, la madera de conífera es más blanda, menos densa y más fácil de cortar que la de los árboles caducifolios o frondosos. Las coníferas crecen de manera continua a través de la copa, lo que da lugar a un tronco uniforme y a unas características homogéneas.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.2 La madera en la Ingeniería Civil

La madera, debido a su disponibilidad, su coste relativamente bajo, su facilidad de uso y su durabilidad, si se la mantiene adecuadamente, continúa siendo un material importante en el campo de la Ingeniería Civil. La madera se utiliza ampliamente en edificios, puentes, obras públicas, suelos, techos, armazones y soportales. (Mamlouk, 2009).



Figura N° 6 Estructura de madera 1.

Fuente: www.Archdaily.pe.



Figura N° 7 Estructura de madera 2.

Fuente: Carpintería Zaraboso.

En las aplicaciones de ingeniería civil se emplea la madera natural y productos de madera manufacturados, como tableros de madera laminada, contrachapados y tableros de aglomerado. Para poder usar la madera de forma eficiente, es importante conocer sus propiedades básicas y sus limitaciones. (Mamlouk, 2009).

Ventajas y desventajas de la madera

Ventajas

Según (Valdiviezo, 2016) las ventajas de la madera son:

- La madera es aislante tanto del calor como del frío, es el material más usado en las obras de reciclaje.

Por otra parte la liviandad del material no es gravosa sobre la estructura existente y la obra de madera se la puede considerar una estructura fácilmente desmontable y por lo tanto puede ser una construcción no fija.

- El uso de la madera en la construcción está indicado para zonas con riesgo sísmico, ya que gracias a la liviandad del material es de reducida masa y por lo tanto tiene un elevado coeficiente antisísmico.

En caso de terremotos es mucho más segura la solución de un techo de madera, sobre cualquier tipo de construcción, ya que la madera compensa y reduce las vibraciones provocadas por el terremoto.

En la construcción con madera se busca siempre, en lo posible, fabricar los elementos en bloques únicos, para trasportarlos al lugar mediante camión y colocarlo en obra con el auxilio de grúas móviles. La ventaja mayor que deriva de tal procedimiento está en la posibilidad de construir la estructura en un local controlado dentro del establecimiento del fabricante y poder efectuar el montaje de elementos de forma rápida y en seco.

Los techos con estructura de madera permiten la elección de cualquier tipo de cubierta.



Figura N° 8 Techo con estructura de madera

Fuente: <http://www.rainaudomaderas.com.ar>

En el caso de techos muy planos con angulación hasta 10° se aconseja una cubierta de chapas; para angulaciones superiores con mayor de 20° es posible cubrirla con tejas cerámicas.

Si la madera simple sólida, es cuadrada en aserradero, no alcanza a ser idónea para una determinada construcción, se utiliza algo técnicamente superior como lo es la madera laminada, respetando siempre las dimensiones indicadas por el constructor.

Las uniones entre los elementos, se efectúan con los métodos de la carpintería artesanal o sea mediante grampas, planchas clavos metálicos o similares. Las fuerzas de transmisión admisibles son ensayadas en el laboratorio. El medio de unión clásico en la construcción de madera es el clavo.

- Respecto a su bajo peso específico, la madera tiene óptimas características de resistencia mecánica y tiene además óptimas características como aislante térmico.



- La madera es muy resistente a los ataques de sustancias químicas y puede ser utilizada en ambientes especiales por ejemplo piscinas, cobertizos industriales etc., tiene la capacidad absorber la humedad del aire, acumulada y restituirla a esta última. Las estructuras relacionadas con las construcciones de madera pueden ser fácilmente prefabricadas, lo que significa un ahorro, tanto en términos de tiempo como en costo de montaje. Los edificios construidos con madera son fácilmente desmontables y las estructuras de madera pueden ser recicladas o re-utilizadas. Tecnologías modernas como el encolado, permiten producir elementos estructurales cuya longitud supera en mucho los límites establecidos por el crecimiento del árbol.
- No sufre oxidación.

Desventajas

Según (Valdiviezo, 2016) las desventajas de la madera son:

- Fácilmente combustibles (en caso de que no existe tratamiento previo)
- Ataque de agentes orgánicos (hongos, insectos)
- El higroscopio (aumento de volumen y disminución de volumen al tomar o perder agua)
- Fácilmente deformable.

Tipos de Madera según su uso

Según (Bamz, 2016) las maderas se dividen en dos tipos y tiene que ver con la dureza de la misma, y se clasifican en:

- Maderas duras
- Maderas blandas

Las maderas blandas

Estas se le llaman así por la facilidad de trabajarla, estas son adecuadas en la fabricación de muebles, tableros, instrumentos musicales e incluso piezas de artesanía.



Figura N° 9 Muebles de maderas.

Fuente: www.outletdelacarpinteria.com

Las especies de maderas blandas que son más utilizadas son: pino, abeto, chopo, ciprés, abedul, entre otras.

Respecto al pino, este no presenta ningún problema en el colado, clavo o mecanizado, aunque su color oscuros por el sol, pero si es conveniente aplicarle algún tratamiento para su resistencia.

Las maderas duras

Una de las maderas duras que se conoce con frecuencia es la madera balsa, estas maderas duras son empleadas en construcción, muebles, suelo, utensilios.

Unas de ellas son: Caoba, cerezo, tejo, iroko, roble, nogal, nogal americano.

Estas son muy utilizadas en la **construcción** para pasamanos, piso, cielos y otros elementos arquitectónicos. Depende también del tipo de madera que se encuentre en la zona.

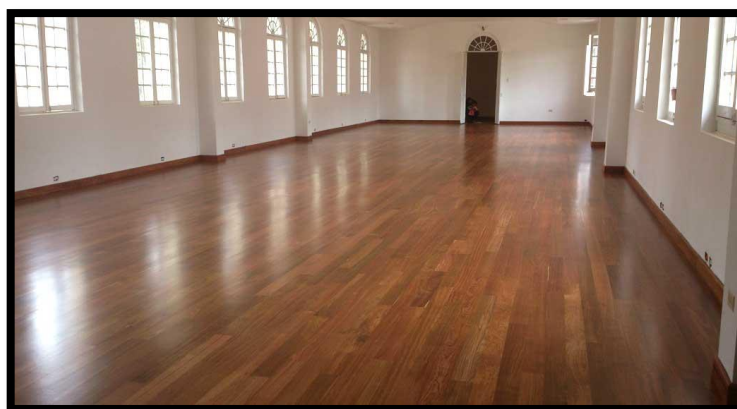


Figura N° 10 Piso de madera.

Fuente: Pisos de madera PISOTEKA

2.2.1.3 Estructura de la madera

La madera tiene una estructura distintiva que afecta a su uso como material de construcción. Los ingenieros civiles y de la construcción deben comprender la forma en que crece el árbol y la naturaleza anisotrópica de la madera, con el fin de poder diseñar y construir adecuadamente estructuras de madera. (Mamlouk, 2009).

- **Anillos de crecimiento**

Las capas concéntricas del tronco de los árboles exógenos se denominan anillos anuales. La madera producida en una estación de crecimiento forma un único anillo de crecimiento. Cada anillo anual está compuesto de madera temprana, que se produce por el rápido crecimiento experimentado durante la primavera, y de madera tardía, que corresponde al crecimiento que tiene lugar durante el verano. La madera tardía está compuesta por células densas, oscuras y de paredes gruesas, produciendo así una estructura más fuerte que la de la madera temprana. (Mamlouk, 2009).

Según (Mojonera, 2010) las capas o anillos no son iguales todos los años. Esta heterogeneidad es debida a las variaciones climáticas dentro de la estación, siendo en años benignos y lluviosos más anchos, y en cambio en años secos, los anillos son más estrechos. En los climas tropicales las diferencias son menos acentuadas.



Figura N° 11 Anillos de crecimiento.

Fuente: www.Ambientum.com.

- **Fibras de la madera**

Según (Manual técnico de formación para la caracterización de la madera de uso estructural , 2018) La fibra está formada de células. A la hora de analizar la fibra se tiene en cuenta la dimensión celular, su situación, aspecto y orientación. En algunas maderas, como en la encina, el castaño, el abeto o el nogal, la fibra es muy visible. Las fibras pueden clasificarse de la

siguiente manera, en función de su posición y apariencia: alternas, compactas, diagonales, irregulares, rectas, torcidas, etc.

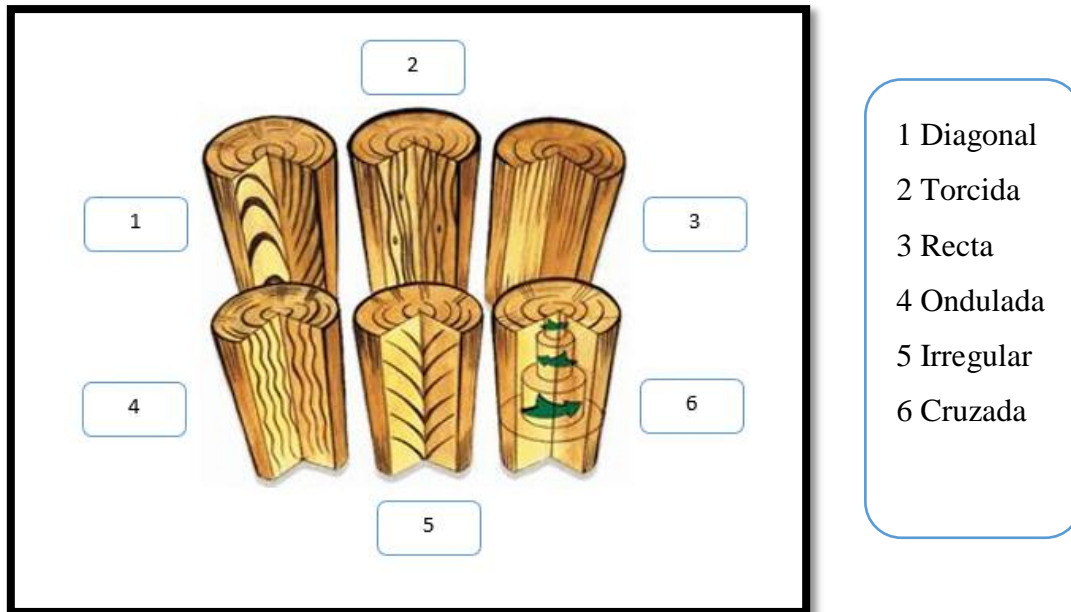


Figura N° 12 Clasificación de las fibras de la madera.

Fuente: Manual técnico de formación para la caracterización de la madera de uso estructural

▪ Partes predominantes del tronco

Las partes predominantes del tronco del árbol incluyen la corteza, el cambium, la madera y la médula.

La corteza es la cubierta exterior del árbol y tiene una capa externa y otra interna. La capa externa está muerta y tiene un aspecto suberoso, así como una gran variabilidad de espesor, dependiendo de la especie y de la edad del árbol. La capa interna de la corteza es la capa de crecimiento de la misma, pero no forma parte de la madera del árbol. El cambium es una fina capa de células situada entre la madera y la corteza y es ahí donde tiene lugar todo el crecimiento de la madera. (Mamlouk, 2009).

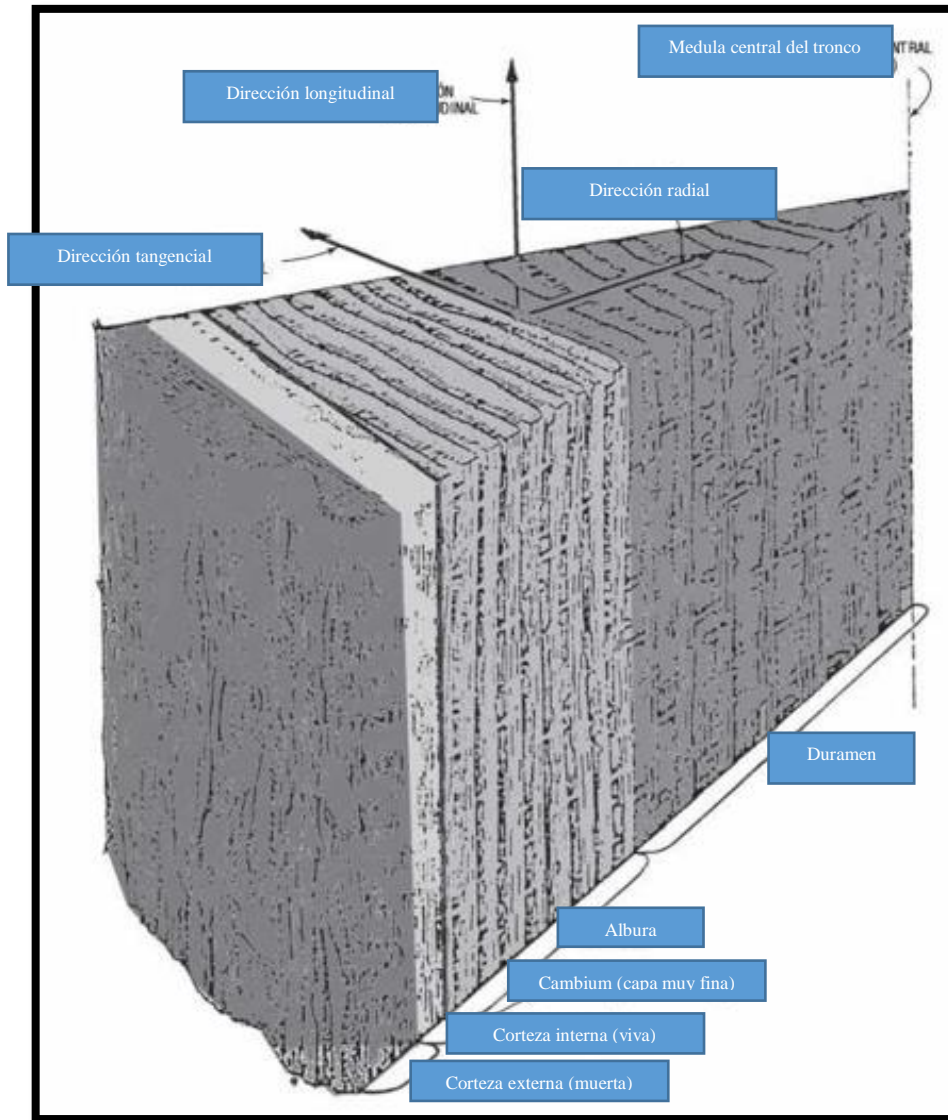


Figura N° 13 Partes principales de un tronco de edad.

Fuentes: Materiales para Ingeniería Civil Michael S. Manloulou y Jhon P. Zaniwski.

La sección de la madera del árbol está compuesta por la albura y el duramen. La albura funciona como almacén para los almidones y como conducto para el transporte de la savia. Generalmente, las especies con un crecimiento más rápido tienen una albura más gruesa. En su estado natural, la albura no resiste mucho cuando se la expone a condiciones que favorecen la descomposición. El duramen no es una parte viva del árbol. Está compuesto por células que se han visto alteradas físicamente y químicamente por depósitos minerales. El duramen proporciona la resistencia estructural del árbol. Puesto que el duramen no contiene savia, resiste de manera natural a la descomposición. (Manloulou, 2009).

La médula es el núcleo central del árbol. Su tamaño varía en las distintas especies, pudiéndose ser prácticamente indistinguible o tener un gran tamaño y ser perfectamente aparente. El color va de negro a blanquecino, dependiendo de la especie de árbol y de la región en la que se halle. La estructura de la médula puede ser sólida, porosa, con cámaras o hueca. (Mamlouk, 2009).

2.2.1.4 Naturaleza anisotrópica de la madera

Según (Mamlouk, 2009) la madera es un material anisotrópico, en el sentido de que tiene propiedades y características diferentes en cada dirección. Las tres orientaciones de eje en la madera son la longitudinal, o paralela a la veta, la radial, o perpendicular a los anillos de crecimiento; y la tangencial o tangente a los anillos de crecimiento.

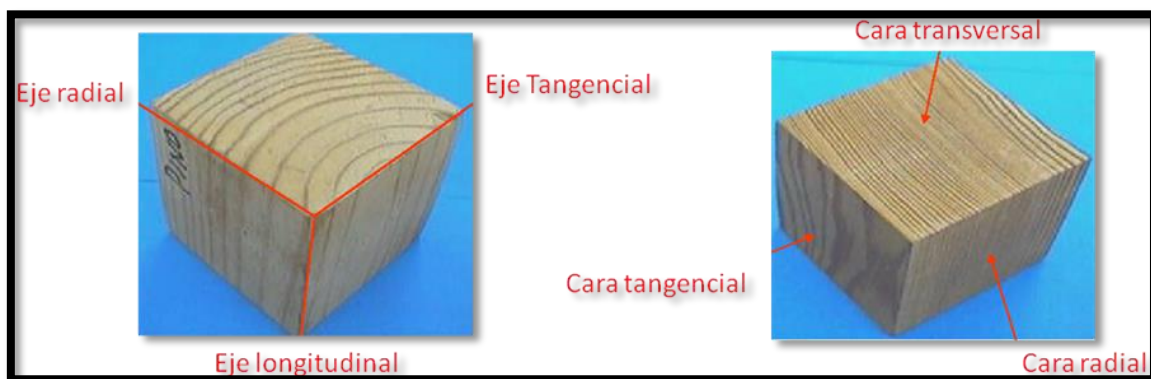


Figura N° 14 Anisotropía de la madera.

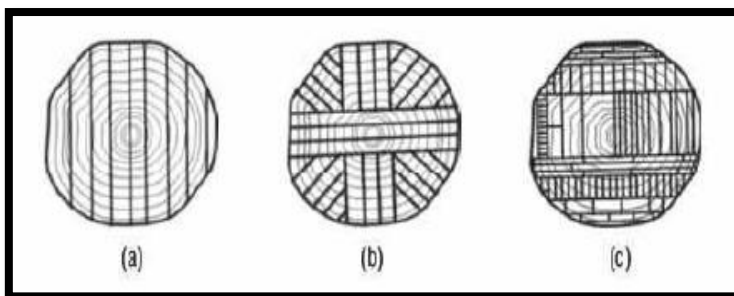
Fuente: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

La naturaleza anisotrópica de la madera afecta a sus propiedades físicas y mecánicas, como la contracción, la rigidez y la resistencia. El comportamiento anisotrópico de la madera es el resultado de la geometría tubular de las células de la madera. Estas células presentan una sección transversal rectangular. Los centros de los tubos son huecos, mientras que los extremos son ahusados. La relación longitud-anchura puede tener un valor alto, hasta de 100. La dimensión más larga de la mayoría de las células es paralela al tronco del árbol. Sin embargo, unas pocas células, en haces localizados, crecen radialmente desde el centro hacia el exterior del árbol. La orientación preponderante de las células en una dirección proporciona a la madera sus características anisotrópicas. La estructura de tubos huecos es muy eficiente a la hora de resistir esfuerzos de compresión paralelos a su longitud, pero se deforma fácilmente cuando la carga se aplica lateralmente. Asimismo, las fluctuaciones en el grado de humedad hacen que se flexionen las paredes del tubo, mientras que tienen muy poca influencia sobre la longitud del mismo. (Mamlouk, 2009).

Según (Ibañez, 2001) la anisotropía de la madera es el comportamiento diferente en las tres direcciones del espacio (longitud, anchura, espesor), respecto a las presiones y fuerzas a que se vea sometida.

2.2.1.5 Técnicas de corte

La madera recolectada se corta para formar tableros y vigas en las serrerías, utilizando sierras circulares, sierras de cinta o sierras alternativas. Los patrones de aserrado más comunes para los troncos son el aserrado normal, el aserrado por cuartos y el aserrado combinado (Mamlouk, 2009).



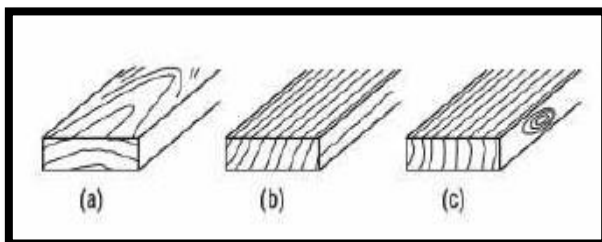
- (a) aserrado normal
- (b) aserrado por cuartos
- (c) aserrado combinado

Figura N° 15 Patrones comunes de aserrado.

Fuente: Materiales para Ingeniería Civil Michael S. Manlouk y Jhon P. zanieski.

La calidad de los tableros está relacionada con el ángulo que forman los anillos de crecimiento anual con la cara del tablero (es decir, el ángulo entre el anillo de crecimiento y la cuchilla de la sierra). Hay tres categorías. (Mamlouk, 2009).

1. Aserrado tangencial de 45° o menor.
2. Aserrado al bias de entre 45° y 80° .
3. Aserrado circular o vertical, de entre 80° y 90° .



- (a) aserrado tangencial
- (b) aserrado al bias
- (c) aserrado circular o vertical

Figura N° 16 Tipos de corte de tableros.

Fuente: Materiales para Ingeniería Civil Michael S. Manlouk y Jhon P. zanieski.

Los tableros con aserrado tangencial presentan una exposición muy deseable de la veta para aplicaciones decorativas. Sin embargo, los tableros con este aserrado tienden a deformarse más que los de aserrado circular en respuesta a las fluctuaciones de humedad. Por esta razón, los tableros con aserrado circular generalmente son mejores para aplicaciones estructurales. El patrón de aserrado que se seleccione dependerá de la sección transversal del árbol, de la capacidad de la serrería y del producto deseado. El aserrado normal es rápido y económico, mientras que el aserrado por cuartos permite maximizar la cantidad de cortes con aserrado circular. (Mamlouk, 2009).

2.2.1.6 Curado

La fase conocida como “secado natural” sería más apropiado denominarla como de “curado”. Mientras que el secado sólo se refiere a la pérdida en la madera de la humedad relativa, en el “curado” se produce, además, una desaparición de compuestos negativos y un enriquecimiento de compuestos positivos. (Heredia, 2018).



Figura N° 17 Secado y curado de la madera.

Fuente: www.sinatin.com.

La madera verde, en los árboles vivos, contiene entre un 30% y un 200% de humedad en relación con el peso de la madera seca. El curado elimina el exceso de humedad de la madera. Para la madera estructural, el grado de humedad recomendado varía entre el 7% en las regiones secas y el 14 % en las regiones húmedas costeras. Sin embargo, al salir de la serrería, la madera para construcción suele tener un grado medio de humedad del 15%. (Mamlouk, 2009)



La madera se cura al aire y en hornos de secado. El secado al aire resulta muy barato, pero es lento. La madera verde se almacena en pilas cubiertas para que se seque. Estas pilas están formadas por capas sucesivas de tableros, separadas por 25 mm (1 pulgada), de modo que el aire pueda fluir entre las capas. El tiempo requerido para el secado varía con el clima y la temperatura de la región. Normalmente, el tiempo máximo de secado al aire está comprendido entre tres y cuatro meses. El secado al aire estará completo cuando el grado de humedad de la madera esté en equilibrio con la humedad del aire circundante. Es posible, sin embargo, que no se pueda conseguir el grado de humedad óptimo si se utiliza el secado al aire. Después del secado al aire, la madera se puede secar en un horno. Se emplean hornos de gran tamaño en los que todas las variables pueden monitorizarse de forma precisa. Las temperaturas de secado en un horno están comprendidas entre 20°C y 50°C (70°F y 120°F), requiriéndose normalmente entre 4 y 10 días. El grado de humedad de la madera debe reducirse lentamente, y a que un secado demasiado rápido puede provocar la aparición de grietas y deformaciones. La madera secada en horno volverá a absorber humedad si se la expone al agua, por tanto, es preciso tener cuidado al almacenar y transportar la madera. (Mamlouk, 2009)

Según (Heredía, 2018) el tiempo de secado es variable, dependiendo del corte y del tipo de madera; puede ser natural o forzado, aunque existe la certeza de que el secado natural a la intemperie, bajo el agua de lluvia, el viento y el sol, es el modo más adecuado para curar la madera destinada a la crianza de vinos de calidad. La pérdida lenta y progresiva de la humedad, la ausencia de grietas y fracturas, y la degradación fúngica son algunas de sus ventajas.

Defectos que se presentan en el secado de la madera

Según (SENSICO, 2018) Durante el secado la madera sufre alteraciones que entran en detrimento de la calidad del encofrado, y por ende en el Hormigón acabado.

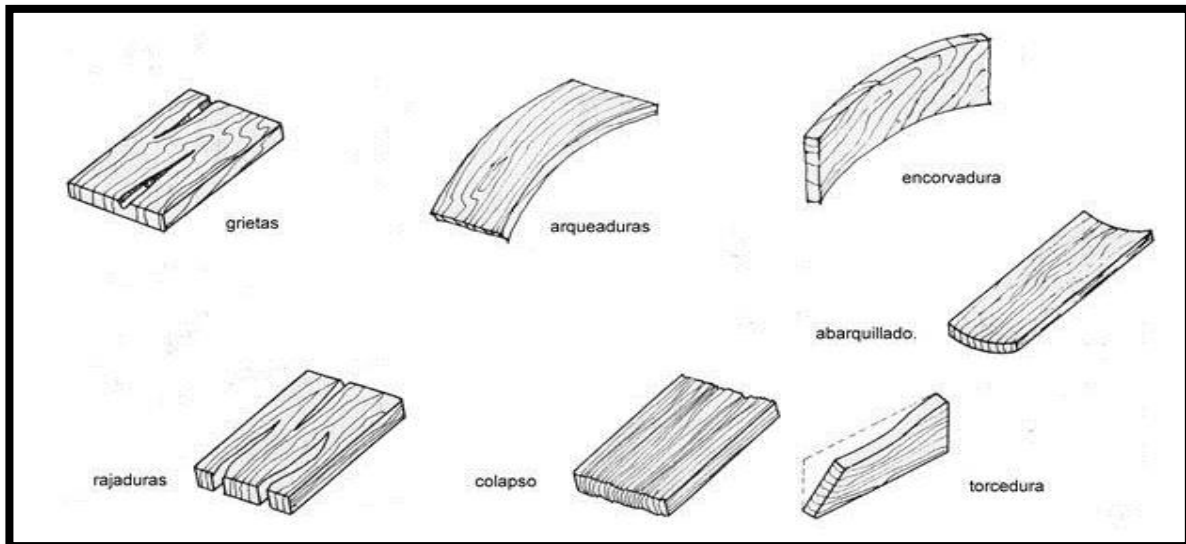


Figura N° 18 Defectos de la madera durante el secado.

Fuente: Servicio Nacional de Capacitación Para la Industria de la Construcción (SENSICO)

Almacenamiento de la madera

Al aire libre

Según (SENSICO, 2018) es importante almacenar debidamente la madera para que conserve la calidad requerida en la elaboración de los encofrados

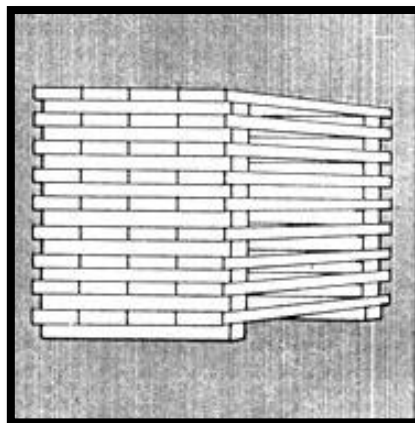


Figura N° 19 Secado de la madera al aire libre

Fuente: Servicio Nacional de Capacitación Para la Industria de la Construcción (SENSICO)

Protegidas

Es recomendable almacenar la madera para encofrados en sitio cubierto para que permanezca seca y pueda darle así un mejor acabado al encofrado

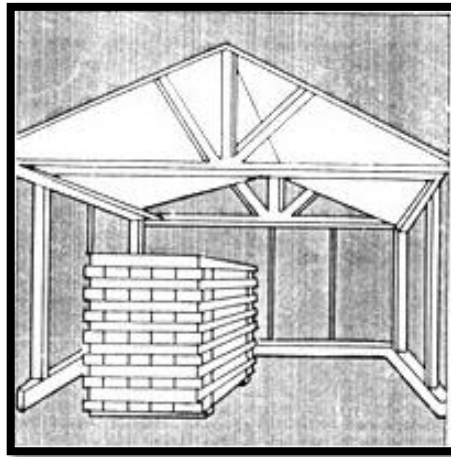


Figura N° 20 Secado de la madera de forma protegida.



Fuente: Servicio Nacional de Capacitación Para la Industria de la Construcción (SENSICO)


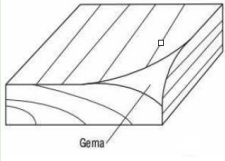





Se deben tener en cuenta las dimensiones de la madera para agruparlas y codificarlas, permitiendo así un mayor rendimiento en la elaboración del encofrado.

2.2.1.7 Defectos de la madera

La madera puede presentar defectos que afecten a su apariencia, a sus propiedades mecánicas o ambas cosas. Estos defectos pueden tener múltiples causas, como el crecimiento natural de la madera, las enfermedades de los árboles, los animales parásitos, el curado excesivamente rápido o el procesamiento defectuoso de la madera. (Mamlouk, 2009).

Tabla N° 3 Defectos en la madera.

DEFECTOS EN LA MADERA		
Defecto	Descripción	Imagen
Nudos	Los nudos son bases de ramas que han quedado incorporadas en la madera del tronco del árbol o de otra rama. Los nudos degradan las propiedades mecánicas de la madera, afectando a su resistencia a la flexión y a la tracción. Sin embargo, la presencia de nudos sanos y apretados puede incrementar la resistencia a la compresión, la dureza y las características cortantes de la madera.	 

Defecto	Descripción	Imagen
Fendas	Las fendas son separaciones en la madera en sentido longitudinal, que aparecen entre los anillos de crecimiento anual. Se desarrollan antes de cortar la madera y pueden deberse a vientos fuertes.	
Gemas	Las gemas son trozos de corteza o de otros materiales blandos que quedan en el borde del tablero.	
Bandas de savia	Son espesas acumulaciones de savia en las fibras de la madera, que producen una mancha de color distintiva.	
Fendas de secado	Son agrietamientos de la madera que se producen a lo largo de la veta y que se desarrollan durante el curado. Pueden aparecer en la superficie o en el extremo de un tablero.	
Deformación	Son distorsiones de la madera con respecto al plano deseado. Los cuatro tipos principales de deformación son la curvatura de cara, la curvatura de canto, el abarquillamiento y el alabeo.	
Desconchones	Son defectos que se producen cuando un trozo de madera salta del tablero por la acción de las herramientas de corte o de pulido.	
Quemaduras	Son las áreas oscurecidas por el sobrecalentamiento durante el corte.	

Fuente: Elaboración propia.



2.2.1.8 Organismos que degradan la madera

La madera puede experimentar una degradación debido al ataque de hongos, bacterias, insectos u organismos marinos.

Tabla N° 4 Organismos que degradan la madera.

Organismos que degradan la madera	
Hongos	Descripción: Los hongos se alimentan de la estructura de las células o del contenido de las células de las plantas leñosas. Para que los hongos crezcan es necesario un grado de humedad por encima del punto de saturación de la fibra.
	Efectos: Producen manchas y/o descomposición de la madera.
	Prevención: La medida de protección más efectiva consiste en mantener seca la madera utilizando algún tipo de recubrimiento o colocándola en el sitio correcto durante el almacenamiento y en la estructura final. Los hongos también pueden prevenirse tratando las fibras de madera con agentes químicos, mediante un proceso de tratamiento a presión.
Bacterias	Descripción: El crecimiento de las bacterias suele favorecerse en ocasiones mediante un prolongado almacenamiento en contacto con el suelo. Las bacterias hacen que la madera se humedezca y que el duramen se ennegrezca en los árboles vivos.
	Efectos: Degradación general de la madera cortada. Produce un reblandecimiento de las capas exteriores de la madera, que da lugar a una contracción excesiva cuando la madera vuelve a secarse.
	Prevención: No tener un contacto prolongado de la madera con el suelo además de poder utilizar diferentes sustancias químicas que ayuden a la protección de la madera contra las bacterias.



Insectos	Descripción: Los escarabajos y las termitas son los insectos que más comúnmente atacan a la madera. Son diversos los tipos de escarabajos que atacan y destruyen la madera cortada. Las termitas son, tal vez, el más destructivo de los organismos que atacan a la madera. Las termitas pueden entrar en las estructuras de los edificios a través de la madera que esté próxima al suelo y que esté húmeda o no se encuentre adecuadamente ventilada.
	Efectos: Destrucción de la madera en general.
	Prevención: Los daños pueden prevenirse utilizando prácticas de apeo y de corte apropiadas y sumergiendo la madera en una solución química apropiada o rociándola con ella. Pueden prevenirse los ataques de termitas pintando la madera o evitando que los insectos entren en las áreas de madera no protegida, utilizando algún tipo de recubrimiento o de componente sellante.
Organismos marinos	El daño provocado por organismos marinos suele deberse a los moluscos perforantes, a los foládidos y a especies como la limnoria y la sphaeroma. Estos organismos suelen estar confinados totalmente en aguas saladas o salobres.

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Procedimientos que reducen la descomposición de la madera durante el proceso constructivo.**

Según (Mamlouk, 2009) entre los procedimientos de construcción que reducen la descomposición de la madera podemos citar:

- Construir las estructuras con madera seca libre de muestras de descomposición incipiente y de una cantidad excesiva de manchas y otras señales.
- Utilizar diseños que mantengan los componentes de la madera secos, empleando madera tratada con agentes preservantes.



- Utilizar el duramen de especies resistentes a la descomposición en aquellas secciones que estén expuestas a condiciones que favorezcan la descomposición por encima del suelo.
- Utilizar madera tratada a presión para aquellos componentes que estén en contacto con el suelo.

2.2.1.9 Propiedades de la madera

- **Propiedades físicas**

- **Contenido de humedad**

Según (Rothamel, 2006) la madera es diferente de otros materiales estructurales en cuanto a las causas de sus cambios dimensionales. Estos se deben principalmente a ganancia o pérdida de humedad y no a cambios de temperatura (esto explica en parte, que las estructuras de madera resistan temperaturas externas sin colapsar). El contenido de humedad se define como la cantidad de agua que contiene la madera respecto de su condición de anhídrida o seca. El agua en la madera, puede estar presente en tres formas diferentes, sean estas las siguientes:

1. **Agua de constitución:** Forma parte de la madera y su eliminación no es posible sin la destrucción del material.
2. **Agua de impregnación:** Es la que está contenida en las paredes celulares, generando fenómenos de hinchamiento y retracciones según sea su cantidad. Esta influye de manera inversa en los valores de las propiedades físico mecánicas, es decir, los valores crecen cuando el agua de impregnación disminuye, exceptuando el caso de la resistencia al coque para el cual la incidencia es directa. Por otra parte, se llama punto de saturación de las fibras al alcanzado cuando las paredes se llenan de agua. El agua de impregnación puede ser eliminada en estufa a una temperatura aproximada de 105°C.
3. **Agua libre:** Es aquella que se encuentra, por encima del punto de saturación de las fibras, llenando las cavidades de las células y que se elimina por el simple secado al aire.

El grado de humedad de la madera varía dependiendo de la temperatura y de la humedad del aire. Sin embargo, la variación natural del grado de humedad es un proceso lento, de modo que a medida que varían las condiciones próximas al valor promedio. El grado de humedad para las condiciones atmosféricas medias se denomina contenido de humedad de equilibrio. (Rothamel, 2006).

La madera acorde a su contenido de humedad:

Tabla N° 5 Madera según su cantidad de humedad.

MADERA SEGÚN SU CANTIDAD DE HUMEDAD	
H>=30%	Madera saturada de agua: todos los espacios interfibras están llenos de agua, si se absorbe más, la madera se sobresatura.
23% <H<30%	Madera semi-seca.
18% <H<23%	Madera comercialmente seca.
13% <H<18%	Madera seca al aire.
H<13%	Madera desecada.
H=0	Madera anhidra, obtenida solamente en condiciones de laboratorio. No contiene agua de impregnación, solo agua de constitución.
Cuando la humedad es menor al 30% ya no se manifiestan hongos, pero todavía puede existir el peligro de ataque de insectos.	

Fuente: elaboración de los tesisistas.

▪ **Densidad**

La densidad es la relación entre la masa y el volumen. La masa y el volumen de la madera están muy relacionadas con el contenido de agua, por lo que es imprescindible medir siempre la densidad en condiciones concretas. Normalmente, se mide con una humedad del 12%. La densidad es una característica propia de cada tipo de árbol. Generalmente, la densidad de las especies coníferas que se utilizan normalmente en la construcción suele ser de entre 400 kg/m³ y 550 kg/m³. En ocasiones, según el uso, suele convenir utilizar maderas ligeras, como en el caso del transporte o para empacar. Sin embargo, otras veces el cliente suele preferir maderas robustas y pesadas, como en el caso de los muebles. (jaurlaritz, 2010).

Según (Rothamel, 2006) esta propiedad depende de la especie que se trate y es muy variable. Sus valores van desde los 300 a los 550kg/m³ para las coníferas más utilizadas hasta cerca de los 100 a 1300 kg/m³.

○ **Peso específico.**

El peso específico es la relación existente entre el peso y el volumen de una sustancia. Dado que el peso de un objeto es la medida en que la atracción de la Tierra actúa sobre él, y al mismo tiempo el volumen es la superficie que dicho objeto ocupa, el peso específico constituye la



relación entre ambas propiedades expresada en Newtons sobre metro cúbico (N/m³), de acuerdo al Sistema Internacional.

El cálculo del peso específico requiere de numerosas otras propiedades de la sustancia, como son la densidad, la masa y el peso ordinario de la sustancia. Esto de acuerdo a la siguiente fórmula de cálculo, en la que el peso específico se representa con el símbolo gamma (γ) (Conceptos, 2017)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Donde:

γ = Peso específico.

w =Peso.

V = Volumen.

- **Propiedades mecánicas**

- **Compresión**

Se distinguen dos tipos de fuerzas de compresión según el sentido en el que actúe la aplicación de una fuerza, siendo estos, compresión paralela y compresión perpendicular a la fibra (Diaz, 2005).

- ✚ **Compresión perpendicular**

La compresión perpendicular, ocurre cuando la fuerza externa es aplicada en dirección perpendicular a las fibras y corresponde a la resistencia que opone la madera a una carga aplicada en sentido perpendicular a la dirección de las fibras. (Diaz, 2005).

Cuando una carga de compresión es aplicada perpendicular al grano, produce tensión que deforma las células de la madera perpendiculares a su longitud. Una vez las cavidades celulares sin sustancia colapsan, la madera es bastante fuerte porque ningún espacio nulo existe. (Winandy, 1994).

La resistencia a compresión perpendicular a las fibras está muy ligada a la dureza de la madera y a la resistencia al corte perpendicular a las fibras. Cuando se alcanza la resistencia máxima ocurre un aplastamiento de las células hasta desaparecer los huecos, lo que implica altas deformaciones. (Gálvez, 2011).

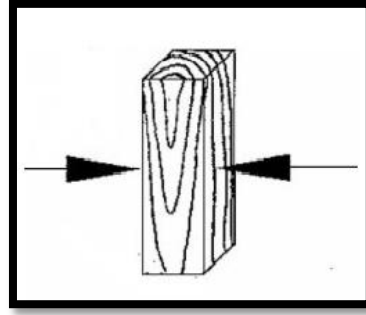


Figura N° 21 Compresión perpendicular

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid

La Norma Técnica Peruana 251.016 (2012), Método para determinar la compresión perpendicular al grano, nos da la siguiente fórmula.

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{P'}{A}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

Compresión paralela

Cuando se ensaya una madera a compresión su resistencia es máxima cuando se realiza en dirección paralela a la fibra siendo menor según nos alejamos de dicha dirección. Así, en dirección axial se obtienen los máximos valores a compresión, ya que los haces de fibras de la madera trabajan a modo de pequeñas columnas que se comprimen, siendo mucho mayor la resistencia frente a los valores que se obtienen en dirección perpendicular, del orden de 15 a 17 veces superior. (Gálvez, 2011).

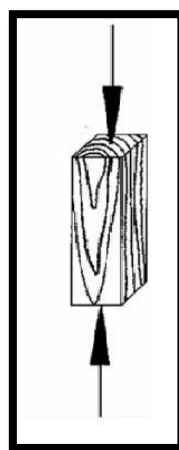


Figura N° 22 Compresión paralela.

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid

La Norma Técnica Peruana 251.014 (2012), Método para determinar la compresión axial o paralela al grano., nos da la siguiente formula.

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'}{A}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm^2

$$\text{Resistencia maxima por compresion axial } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P}{A}$$

P = Es la carga máxima soportada por la probeta en kilogramos.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm^2

$$\text{Modulo de elasticidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'L}{AD}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm^2

○ Flexión

La flexibilidad es la propiedad que tienen algunas maderas de poder ser dobladas o ser curvadas en su sentido longitudinal, sin romperse. Si son elásticas recuperan su forma primitiva cuando cesa la fuerza que las ha deformado. La madera presenta especial aptitud para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin que se produzca rotura inmediata, siendo esta una propiedad que la hace útil para la curvatura. La madera verde, joven, húmeda o calentada, es más flexible que la seca o vieja y tiene mayor límite de deformación. (Acuña, 2005)

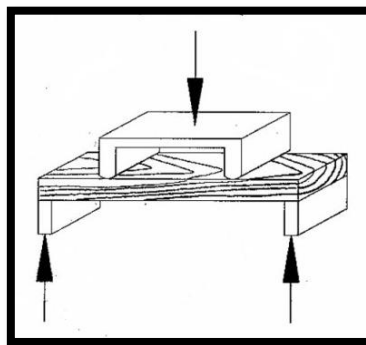


Figura N° 23 Flexión.

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid



La Norma Técnica Peruana 251.017 (2012), Método para determinar la flexión estática nos da la siguiente formula.

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{3P'L}{2ae}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm^2

$$\text{Modulo de Ruptura } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{3PL}{2ae^2}$$

P = Es la carga máxima soportada por la probeta en Kg.

L = Distancia entre los soportes, luz de la probeta en cm.

a = Ancho de la probeta (cm).

e = Espesor de la probeta (cm).

$$\text{Modulo de elasticidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'L^3}{4ae^3Y}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm^2

(Acuña, 2005) Indica que las Influencias que afectan a la resistencia a la flexión son:

- Inclinación de la fibra.
- Peso específico, existe una relación lineal entre resistencia a la flexión y densidad. En los casos de no seguir esta relación se deben a maderas con contenido de resinas elevado.
- Contenido de humedad, la resistencia a la flexión tiene un máximo para un grado de humedad del 5 %, disminuyendo la resistencia desde dicha humedad hasta el punto de saturación de la fibra (PSF). La variación entre el 8 y el 15 % se puede considerar lineal.
- Temperatura, la resistencia a la flexión decrece al aumentar la temperatura; este crecimiento es mayor al aumentar la humedad.
- Nudos y fendas, la influencia de los nudos varía según su posición: es mayor cuanto mayor sea el momento flector; y tiene más influencia si está en la zona de tensión que en la de compresión.

- **Esfuerzos de tracción simple**

También para estudiar el comportamiento a tracción se tendrá en cuenta si el esfuerzo es paralelo, perpendicular y oblicuo a las fibras. (Rothamel, 2006).

- ✚ **Tracción paralela a las fibras**

La madera tiene elevada resistencia en esta dirección y en elementos libres de defectos alcanzaría valores superiores a los de flexión. El diagrama tensión- deformación para esta sollicitación es prácticamente lineal hasta la carga de rotura. (Rothamel, 2006).

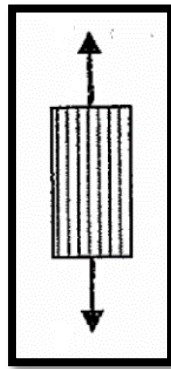


Figura N° 24 Tracción paralela a las fibras.

Fuente: Maderas de Pablo Rothamel.

La Norma Técnica Peruana 251.086 (2015), Método Determinación de la tensión perpendicular a las fibras, nos da la siguiente formula.

Se utilizó las siguientes formula:

$$\text{Modulo de Ruptura } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P}{ab}$$

P = Es la carga de rotura de la probeta en Kg.

a = Ancho de la probeta (cm).

e = Espesor de la probeta (cm).

$$\text{Modulo de elasticidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'L}{ab\Delta}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

a = Ancho de la probeta (cm).

e = Espesor de la probeta (cm).

Δ = Incremento constante de la deformación de la probeta en cm.

Tracción perpendicular a las fibras

En este sentido, la resistencia es sensiblemente menor que el caso anterior debido a la falta de trabazón transversal entre fibras. Los valores característicos de rotura pueden llegar a los 4kgf/cm² justo antes de producirse un despegamiento rápido de las fibras entre sí. Por esta razón en la práctica, directamente se considera que la resistencia en este sentido es nulo. (Rothamel, 2006).

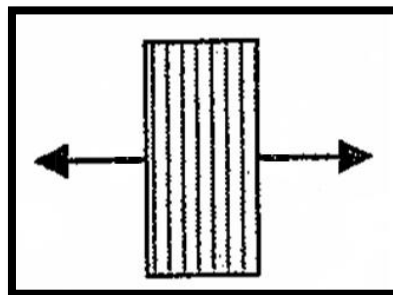


Figura N° 25 Tracción perpendicular a las fibras.

Fuente: Maderas de Pablo Rothamel.

Tracción oblicuo a las fibras

Se aplica de la siguiente forma: (Rothamel, 2006)

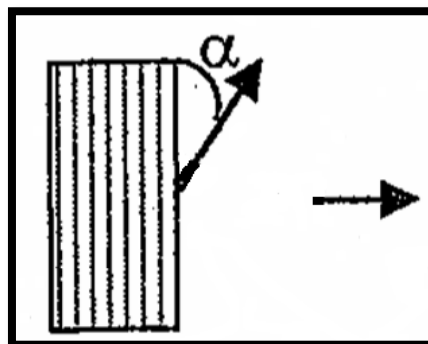


Figura N° 26 Tracción oblicuo a las fibras.

Fuente: Maderas de Pablo Rothamel

○ **Resistencia al Cizallamiento**

En elementos constructivos el esfuerzo por corte o cizallamiento se presenta cuando las piezas están sometidas a flexión (corte por flexión). Los análisis teóricos de esfuerzos indican que en

un punto dado los esfuerzos de corte sin iguales tanto a lo largo como como perpendicularmente al eje del elemento. Como la madera no es homogénea, sino que sus fibras se orientan por lo general con el eje longitudinal de la pieza, presenta distinta resistencia al corte en estas dos direcciones. La menor es aquella paralela a las fibras y que proviene de la capacidad del cementante de las fibras (la lignina) a este esfuerzo. Perpendicularmente a las fibras la resistencia es de tres a cuatro veces mayor que en la dirección paralela. El esfuerzo de rotura en probetas sometidas a corte paralelo varía entre 25 y 200 kg/cm² en promedio. Es mayor en la dirección radial que en la tangencial. Aumenta con la densidad aunque en menor proporción que la resistencia a la compresión. (Cartagena, 1974).

En elementos de escala natural hay una disminución por la presencia de defectos como por la influencia del tamaño de las piezas. Por otro lado este esfuerzo casi siempre se presenta combinado con otros lo que puede resultar en menores valores. (Cartagena, 1974).

La Norma Técnica Peruana 251.013 (2013), Método para determinar el cizallamiento paralelo al grano., nos da la siguiente formula.

$$\text{Resistencia cizallamiento} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{P}{A}$$

P = Es la carga máxima soportada por la probeta en kilogramos.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

○ Módulo de elasticidad

La relación típica esfuerzo-deformación de la madera es lineal hasta un cierto límite, seguido de una pequeña curva no lineal después de la cual se produce la fractura, como se muestra a continuación.

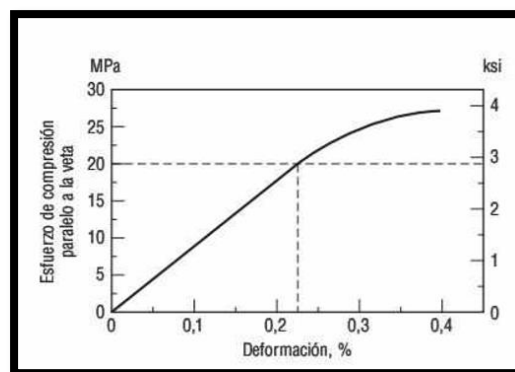


Figura N° 27 Relación típica esfuerzo-deformación.

Fuente: Materiales para Ingeniería Civil Michael S. Manloup y Jhon P. zanieski.

El módulo de elasticidad de la madera es la pendiente de la parte lineal de la curva esfuerzo-deformación representativa. La relación esfuerzo-deformación de la madera varía de unas especies a otras y dentro de una misma especie, y está influida por las variaciones en el grado de humedad y en la gravedad específica. Así mismo, puesto que la madera es anisotrópica, existen diferentes relaciones esfuerzo-deformación para las diferentes direcciones. Los módulos de elasticidad según los ejes longitudinal, radial y tangencial suelen ser distintos.

2.2.1.10 Madera de zapote

El árbol de zapote se encuentra en los departamentos de Amazonas, Huánuco, Paseo, Loreto y San Martín, entre 0 a 1000 msnm. Esta especie existe en cantidades regulares en la amazonia del Perú, el árbol alcanza hasta 50 m de altura y 90 cm de diámetro; tronco cilíndrico, con aletones delgados mediamente o bien desarrollados. Copa globosa, con ramificación verticilada, muy notoria en árboles jóvenes. La corteza superficial externa en árboles jóvenes es lisa y con aristas transversales; en árboles adultos puede volverse rugosa; corteza muerta de consistencia leñosa; se desprende en pedazos irregulares. Corteza viva fibroso-arenosa, de 2 cm de espesor; tiene dos capas; una capa externa gruesa rojiza, con inclusiones arenosas blanquecinas; y una capa interna delgada, laminar, color crema, que oxida y se torna a rosada. (INIA).

El Zapote es una madera moderadamente liviana, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable, Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría mediana. (INIA).

Tabla N° 6 Características de la especie.

CARACTERISTICAS DE LA ESPECIE	
ESPECIE	Matisia cordata Humb. et Bompl.
FAMILIA	Bombocaceae
SINONIMIA	Quararibea cordata (Humboldt & Bonpland) Vischer
NOMBRES COMUNES	Perú: sapote. Colombia: sapote. Ecuador: sapote. Venezuela: mame colorado
NOMBRE COMERCIAL I	Zapote

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria

Tabla N° 7 Características de la madera.

CARACTERISTICAS DE LA MADERA	
Color	El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color crema y las capas internas (duramen) de color amarillo de forma regular, observándose entre ambas un leve y gradual contraste en el color. En la madera seca al aire la albura se torna de color blanco HUE 8/2 2.5Y y el duramen amarillo pálido HUE 8/3 5Y (Munsell Soil Color Charts).
Olor Distintivo	Característico a almendras.
Lustre o brillo	Intenso o elevado.
Grano	Recto.
Textura	Media a fina.
Veteado o figura	Bien definido líneas vasculares, arcos superpuestos poco diferenciados y bandas angostas paralelas con reflejos dorados.

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria

Tabla N° 8 Características físico mecánicas zapote

Propiedades Físicas	Propiedades Mecánicas
Densidad básica 0.43 g/cm ³	Módulo de elasticidad en flexión 89,000 kg/cm ²
Contracción tangencial 8.97 %	Módulo de rotura en flexión 488.00 kg/cm ²
Contracción radial 3.81 %	Compresión paralela (RM) 239.00 kg/cm ²
Contracción volumétrica 11.80 %	Compresión perpendicular (ELP) 40.00 kg/cm ²
Relación T/R 2.35	Corte paralelo a las fibras 55.00 kg/cm ²
	Dureza en los lados 272.00 kg/cm ²
	Tenacidad (resistencia al choque) 2.10 kg-m

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria

AGRUPAMIENTO de maderas para uso estructural

Según la (E0.10, 2014) el l agrupamiento está basado en los valores de la densidad básica y de la resistencia mecánica. Los valores de la densidad básica, módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles para los grupos A, B y C serán los siguientes:

Densidad Básica.

Tabla N° 9 Densidad Básica.

Grupo	Densidad Básica g/cm³
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Fuente: Norma Técnica peruana e.010

Módulo de Elasticidad

Tabla N° 10 Módulo de Elasticidad.

Grupo	Módulo de Elasticidad (E) MPa (kg/cm²)	
	E_{mínimo}	E_{promedio}
A	9 316 (95 000)	12 748 (130 000)
B	7 355 (75 000)	9 806 (100 000)
C	5 394 (55 000)	8 826 (90 000)

Nota: el módulo de elasticidad (E) es aplicable para elementos en flexión, tracción o compresión en la dirección paralela a las fibras.

Fuente: Norma Técnica peruana e.010

Esfuerzos Admisibles

Tabla N° 11 Esfuerzos Admisibles.

Grupo	Esfuerzos Admisibles MPa (kg/cm ²)				
	Flexion f_m	Tracción Paralela f_t	Compresión Paralela $f_{c//}$	Compresión Perpendicular $f_{c\perp}$	Corte Paralelo f_v
A	20,6 (210)	14,2 (145)	14,2 (145)	3,9 (40)	1,5 (15)
B	14,7 (150)	10,3 (105)	10,8 (110)	2,7 (28)	1,2 (12)
C	9,8 (100)	7,3 (75)	7,8 (80)	1,5 (15)	0,8 (8)

Nota: Para los esfuerzos admisibles en compresión deberán considerarse adicionalmente los efectos de pandeo

Fuente: Norma Técnica peruana e.010

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

Los módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles establecidos anteriormente solo son aplicables para madera aserrada.

2.2.2 Criterios estadísticos.

2.2.2.1 Media aritmética.

Según (Quintana, 2009) la medida de centralización más común es la media aritmética, la denotamos por \bar{x} y la definimos como el promedio de los valores de la muestra, A partir de su definición tenemos que las desviaciones positivas y negativas de los datos con respecto al valor de la media aritmética maestra se equilibran, es decir, y por tanto podemos decir que la media aritmética es una medida de centralización, pues representa el centro geométrico para el conjunto de datos representado así:

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{n}$$

Σ = Sumatoria de datos n = Numero de datos

2.2.2.2 Varianza.

Mide la distancia existente entre los valores de la serie y la media. Se calcula como sumatorio de las diferencias al cuadrado entre cada valor y la media, multiplicadas por el número de

veces que se ha repetido cada valor. El sumatorio obtenido se divide por el tamaño de la muestra. (Rioboo, 2008)

$$S^2 = \frac{\sum f(x-\bar{x})^2}{n-1}$$

$\sum f(X-X)^2$ = Sumatoria de las diferencias al cuadrado de los datos con la media aritmética.

n = Numero de datos

La varianza siempre será mayor que cero. Mientras más se aproxima a cero, más concentrados están los valores de la serie alrededor de la media. Por el contrario, mientras mayor sea la varianza, más dispersos están. (Rioboo, 2008)

▪ Coeficiente de variación

El coeficiente de variación, CV, es un cociente entre el desvío estándar y la media de los datos, expresado en porcentaje, $CV = S \times 100$. Este coeficiente permite comparar la variabilidad de diferentes muestras de una población o la variabilidad entre variables diferentes. En general un CV menor al 10 %, dice que los datos tienen poca variabilidad, que es lo mismo que decir que los valores observados son en general, cercanos al valor medio (Rioboo, 2008)

2.2.2.3 Desviación estándar.

El Desvío Estándar es la medida de dispersión más ampliamente usada y es la más estable ya que depende de todos los valores de la distribución. Es el promedio de desviación de los valores con respecto a la media, aunque una definición completa sería: “la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones alrededor de la media, elevadas al cuadrado y divididas entre el número de casos menos uno” en el caso de “S”.

Cuando se trabaja con muestras el desvío estándar se simboliza con una “S” y con la letra sigma minúscula “ σ ” cuando se usan datos de una población. Su fórmula de cálculo tradicional es: (Rioboo, 2008)

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^N \frac{(x_i - \mu)^2}{N}}$$

Básicamente es la raíz cuadrada de la varianza

2.2.2.4 Criterio de Chauvenet.

El criterio de Chauvenet es un método para calcular si un dato experimental, de un conjunto de datos experimentales, es probablemente un valor atípico. Para aplicar el Criterio de Chauvenet, primero se ha de calcular la media y la desviación estándar (típica) de la información observada. Basándose en cuánto difiere el valor dudoso de la media, se utiliza la función de distribución normal (o la tabla de la misma) para determinar la probabilidad de que un dato dado sea del valor del dato dudoso. (Sales de López, 2005),

$$\frac{ABS(Xi-\mu)}{S} \leq 2.0$$

Xi = Variable o Dato estadístico

μ = Promedio aritmético

S = Desviación estándar

ABS = Valor absoluto

2.2.2.5 Valor representativo de la muestra.

El valor representativo de una serie de medidas es el que pensamos que más se aproxima al valor real de dicha medida.

El valor correspondiente al 5% de exclusión, se tome como dato representativo del ensayo. Para obtener el percentil 5 se puede utilizar la función probabilista (t) Student.

2.2.2.6 Prueba de t de student.

(Rioboo, 2008) Dice que el intervalo de confianza de μ con un 95 de confianza, IC 95 %, es el más usado y para muestras de más de 30 datos se calcula como

$$IC_{95\%} = \bar{x} \pm "t_{95}" (s/\sqrt{n-1}),$$

Donde "t" es el valor dado por la distribución "t" de Student con "n-1" Grados de Libertad, para un 95 % se busca el valor del "t" 0.975, ya que esta es una prueba de dos colas.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

Las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado nos permitirá aplicarla en usos estructurales de acuerdo a la NTP E.010.

2.3.2 Sub hipótesis

Sub hipótesis 1:

Las propiedades físicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado clasificaran para su uso estructural.

**Sub hipótesis 2:**

Las propiedades mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado clasificaran para su uso estructural.

Sub hipótesis 3:

La madera Zapote procedente de Puerto Maldonado estará clasificado en el grupo “A” según la norma técnica peruana E.010.

2.4 Definición de Variables**2.4.1 Variables Independientes**

- Propiedades Físicas del Zapote.

Son aquellas que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química en su estructura, los indicadores son:

- Contenido de Humedad (%).
- Densidad Básica (g/cm^3).

- Propiedades Mecánicas del Zapote.

Son aquellas que determinan la capacidad para resistir fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa cualquier carga aplicada por un agente no propio del material, ajeno o externo que puedan alterar su tamaño, dimensión o la deforme, los indicadores son:

- Resistencia a la flexión (kg/cm^2).
- Resistencia a la compresión perpendicular (kg/cm^2).
- Resistencia a la compresión paralela (kg/cm^2).
- Resistencia a alelo cizallamiento paralelo (kg/cm^2).
- Resistencia a tracción paralela (kg/cm^2).

2.4.2 Variables Dependientes

- Uso estructural

Es la clasificación que se le da según sus propiedades físico -mecánicas

2.4.3 Cuadro de Operacionalización de Variables.



Tabla N° 12 Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLES	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLES DEPENDIENTES				
Uso Estructural	Es la clasificación que se le da según sus propiedades físico – mecánicas	A	Propiedades Físicas: Densidad básica(g/cm ³) Propiedades Mecánicas: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y corte paralelo(kg/cm ²)	Fichas de recolección de datos
		B		
		C		
VARIABLES INDEPENDIENTES				
Propiedades Físicas	Son aquellas que determinan su comportamiento ante los distintos factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin producir ninguna modificación química en su estructura.	% Humedad	Contenido de Humedad	Fichas de recolección de datos
		Densidad	Densidad Básica g/cm ³	Fichas de recolección de datos
Propiedades Mecánicas	Son aquellas que determinan la capacidad para resistir fuerzas externas. Se entiende por fuerza externa cualquier carga aplicada por un agente no propio del material, ajeno o externo que puedan alterar su tamaño, dimensión o la deforme.	Flexión Estática	Resistencia a la flexión kg/cm ²	Fichas de recolección de datos
		Compresión Perpendicular	Resistencia a la compresión perpendicular kg/cm ²	Fichas de recolección de datos
		Compresión Paralela	Resistencia a la compresión paralela kg/cm ²	Fichas de recolección de datos
		Cizallamiento Paralelo	Resistencia a alelo cizallamiento paralelo kg/cm ²	Fichas de recolección de datos
		Tracción Paralela	Resistencia a tracción paralela kg/cm ²	Fichas de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo III: Metodología.

3.1 Metodología de la investigación.

3.1.1 Tipo de investigación.

3.1.1.1 Tipo cuantitativo.

El tipo de investigación es cuantitativa porque nos permite evaluar la realidad en función de parámetros que son medibles, replicables y reproducibles en forma numérica. Es cuantitativa porque está orientada hacia la descripción, predicción y explicación, dirigido hacia datos medibles u observables.

También es aplicativo porque utilizaremos los conocimientos adquiridos en la práctica para el desarrollo de esta investigación. (Hernández Sampieri, 2014)

3.1.1.2 Tipo aplicativo.

La presente investigación es de tipo aplicativo porque esta utiliza métodos e instrumentos propios de ingeniería y que son aplicables propiamente en las diferentes obras civiles. (Hernández Sampieri, 2014)

3.1.2 Nivel de la investigación.

3.1.2.1 Nivel exploratorio.

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tiene muchas dudas o no se ha abordado antes.

En nuestra investigación podemos decir que se empieza con el nivel exploratorio porque no hay mucha literatura del tema solo hay ideas vagamente relacionadas, por lo tanto deseamos indagar sobre el tema de investigación con diferentes variables que no han sido investigadas anteriormente. (Hernández Sampieri, 2014)

También porque es un material poco estudiado en las diferentes propiedades que le confiere al concreto. Sin embargo la investigación no se queda en este nivel sino se pasa al nivel descriptivo.

3.1.2.2 Nivel descriptivo.

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Describe tendencias de un grupo o población.

Es decir miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar.

En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga. (Hernández Sampieri, 2014)

En nuestra investigación nuestro estudio es descriptivo porque se realizó una recolección de información, sobre los conceptos o las variables a las que nos referimos anteriormente, en la presente investigación se pretenden especificar las propiedades de cualquier fenómeno que se analice y también se describe tendencias de un grupo o población.

3.1.3 Método de investigación.

3.1.3.1 Método hipotético-deductivo.

El método hipotético-deductivo es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. Es un proceso iterativo, es decir, que se repite constantemente, durante el cual se examina la hipótesis a la luz de los datos que van arrojando los experimentos. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia. (Hernández Sampieri, 2014)

En la presente investigación se usa el método hipotético deductivo porque partimos de una hipótesis la cual vamos a demostrar mediante una serie de pasos los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables que permiten demostrar la hipótesis.

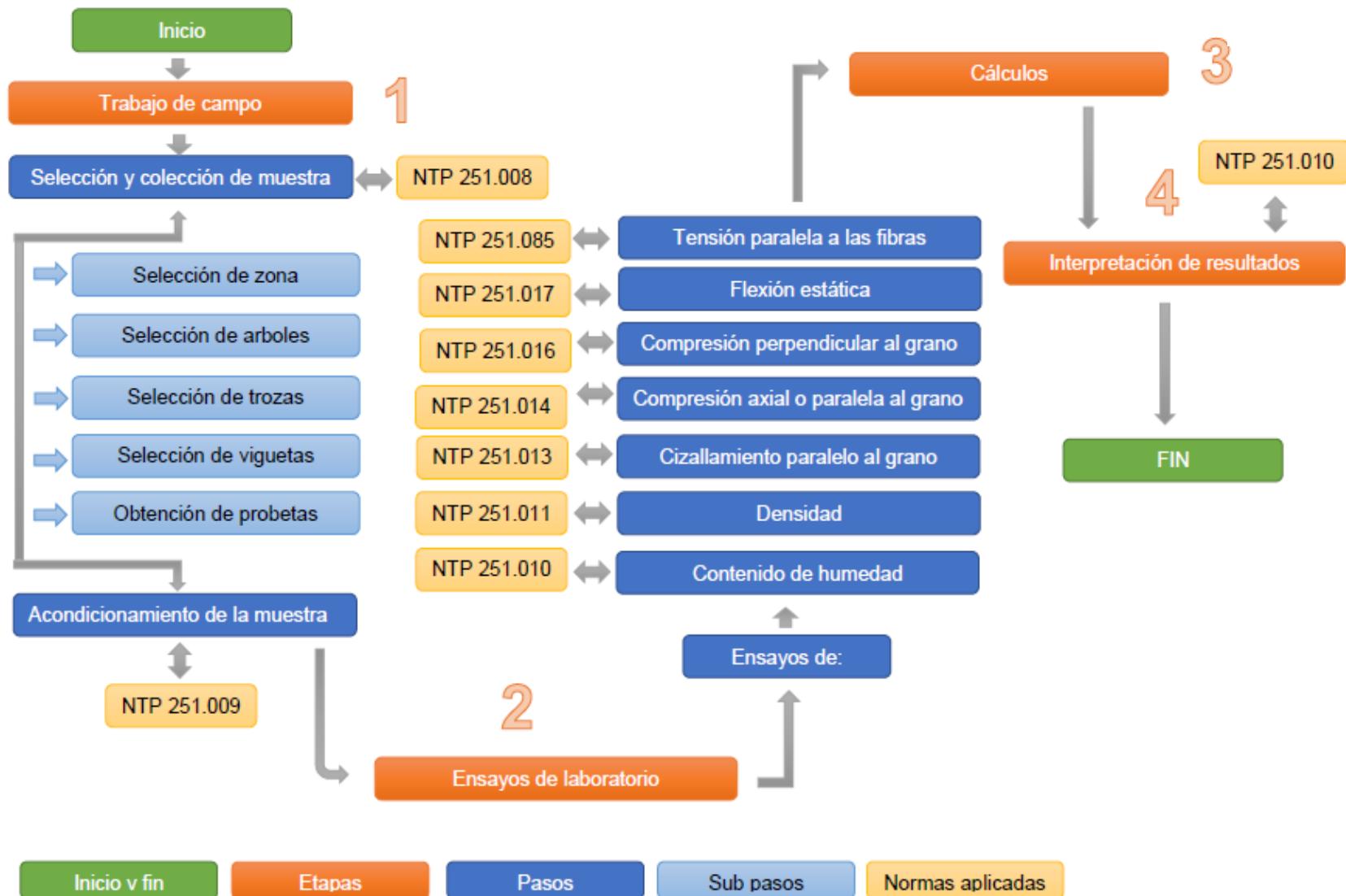
3.2 Diseño de investigación.

3.2.1 Diseño metodológico.

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se hará el uso de diseño cuasi-experimental, debido a la siguiente característica. (Hernández Sampieri, 2014)

- No se hará una aleatorización de los elementos de estudio, es decir, no se tendrá una muestra representativa de la población, puesto que el total de la muestra será sometida a análisis.

3.2.2 Diseño de Ingeniería.





3.3 Población y muestra.

3.3.1 Población.

La población es el conjunto de elementos con características comunes que son objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación. (Arias, 1999).

3.3.1.1 Descripción de la población.

La población para nuestra investigación fueron los árboles de Zapote de la zona de Puerto Maldonado capital de Madre de Dios.

3.3.1.2 Cuantificación de la población.

1500 hectáreas cubiertas por árboles de Zapote en la localidad de Puerto Maldonado donde se realiza la actividad de tala de árboles.

3.3.2 Muestra.

La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población. (Balestrini Acuña, 2006)

3.3.2.1 Descripción de la muestra.

Son probetas de madera extraída del árbol de Zapote, procedentes de Puerto Maldonado, para obtener de su madera probetas de diferentes dimensiones los cuales están dadas por las siguientes normas: densidad básica (NTP 251.011), cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013), compresión paralela al grano (NTP 251.014), compresión, perpendicular al grano (NTP 251.016) , flexión estática (NTP 251.017)y tracción (NTP 251.083). Se escogieron prioritariamente árboles que no presentaran deformaciones significativas en sus troncos.

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra.

Madera de 5 árboles diferentes, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 251.008 (2012), Selección y colección de muestras, se elaboró 240 probetas.



3.3.2.3 Método de muestreo.

El método de muestreo usado en nuestra investigación fue del tipo intencional o de conveniencia que está incluido dentro del grupo NO PROBABILÍSTICO, ya que llevamos a estudio toda nuestra muestra.

En la muestra no probabilística la selección de las unidades de análisis dependen de las características, criterios personales, etc. del investigador por lo que no son muy confiables en una investigación con fines científicos o tecnológicos. (Avila Baray, 2006)

3.3.2.4 Criterio de evaluación de muestra.

A partir de la madera se elaboró 240 probetas (40 probetas para cada ensayo) estas probetas se elaboraron acorde a las normas densidad básica (NTP 251.011), cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013), compresión paralela al grano (NTP 251.014), compresión, perpendicular al grano (NTP 251.016), flexión estática (NTP 251.017) y tracción (NTP 251.083). Las cueles se vieron expuestas a un procedimiento de secados a temperatura ambiente, eligiendo para los ensayos aquellas que no presentaron deformaciones como un cambio brusco en sus dimensiones.

3.3.3 Criterios de inclusión.

- Madera de sin deformaciones o irregulares.
- Madera de la región de Puerto Maldonado
- Probetas con dimensiones acorde a las normas técnicas peruanas
 - Densidad básica (NTP 251.011), probetas con 10 cm de luz, y 3cm x 3cm de sección transversal.
 - Cizallamiento paralelo al grano (NTP 251.013), probetas con 6.5 cm de altura, 5 cm de ancho y 5 cm de espesor.
 - Compresión paralela al grano (NTP 251.014). probetas con 20 cm de longitud y 5 cm x 5 cm de sección transversal.
 - Compresión, perpendicular al grano (NTP 251.016), probetas con 15 cm de longitud y 5 cm x 5 cm de sección transversal.
 - Flexión estática (NTP 251.017), probetas con 40 cm de longitud y 2.5 cm x 2.5 cm de sección transversal.
 - Tracción (NTP 251.083), probetas con dimensiones irregulares (pag)
- Contenido de humedad en un rango de 15 %



3.4 Instrumentos.

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

Se usaran instrumentos para registrar de manera detallada toda la información necesaria para la presente investigación.

Para esto se utilizaron las siguientes fichas de recolección de datos:

- Determinación del contenido de humedad.
- Determinación de la compresión paralela o axial al grano.
- Determinación de la compresión perpendicular al grano.
- Determinación de la flexión estática.
- Determinación de la tensión paralela a las fibras.





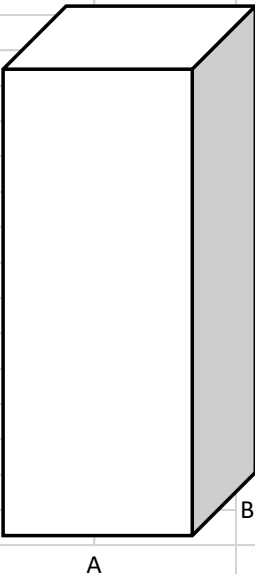
Tabla N° 13 Ficha de recolección de datos para Contenido de humedad.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS:							
"DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA MADERA ZAPOTE PROCEDENTE DE PUERTO MALDONADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUS POSIBLE USOS ESTRUCTURALES SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA E. 010"							
		FECHA:	/ /				
LUGAR:	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco						
TESISTAS:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo						
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo						
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD						
	#	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso Humedo (gr)	Humedad (%)	Peso Seco (gr)
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
	21						
	22						
	23						

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 14 Ficha de recolección de datos para Compresión paralela o axial al grano.

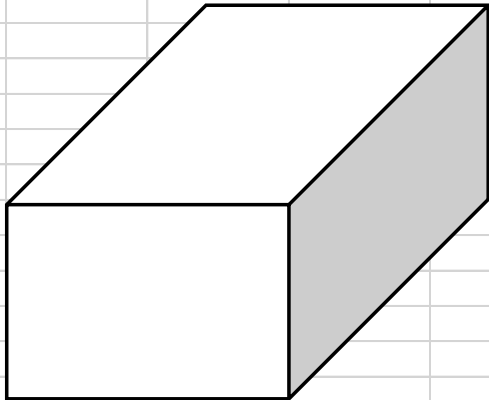
	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS:			
"DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA MADERA ZAPOTE PROCEDENTE DE PUERTO MALDONADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUS POSIBLE USOS ESTRUCTURALES SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA E. 010"			
		FECHA:	/ /
LUGAR:	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco		
TESISTAS:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo		
ENSAYO:	COMPRESION AXIAL O PARALELA AL GRANO		
Datos:		Codicion:	
Luz:		Peso:	
P:		Volumen :	1
Di:		Contenido de Humedad :	2
P':			3
Ancho (A):		Densidad:	4
Espesor (B):			5
			6
			7
			8
			9
			10
			11
			12
			13
			14
			15
			16
			17
			18
			19
			20
			21
			22



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 15 Ficha de recolección de datos para Compresión perpendicular al grano.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS:			
"DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA MADERA ZAPOTE PROCEDENTE DE PUERTO MALDONADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUS POSIBLE USOS ESTRUCTURALES SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA E. 010"			
		FECHA:	/ /
LUGAR:	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco		
TESISTAS:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo		
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo		
ENSAYO:	COMPRESION PERPENDICULAR AL GRANO		
Datos:	Codicion:	Carga	Deformacion
Luz:	Peso:	1	
P:	Volumen :	2	
Di:	Contenido de Humedad :	3	
P':	Densidad:	4	
Ancho (A):		5	
Espesor (B):		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	



Fuente: Elaboración Propia.





Tabla N° 16 Ficha de recolección de datos para Flexión axial.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA				
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:					
"DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA MADERA ZAPOTE PROCEDENTE DE PUERTO MALDONADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUS POSIBLE USOS ESTRUCTURALES SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA E. 010"					
			FECHA: / /		
LUGAR:	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco				
TESISTAS:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo				
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo				
ENSAYO:	FLEXION ESTATICA				
Datos:		Codicion:		Carga	Deformacion
Luz:	17.50	Peso:			
P:		Volumen :		1	
Di:		Contenido de Humedad :		2	
P':		Densidad:		3	
Ancho (A):				4	
Espesor (B):				5	
				6	
				7	
				8	
				9	
				10	
				11	
				12	
				13	
				14	
				15	
				16	
				17	
				18	
				19	
				20	
				21	
				22	

Fuente: Elaboración Propia.



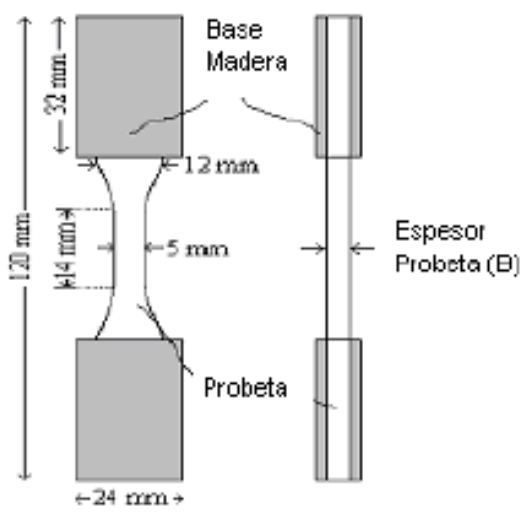
Tabla N° 17 Ficha de recolección de datos para Cizallamiento paralelo al grano.

	Universidad Andina del Cusco						
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura						
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
	Tesis:						
<p>“Determinación De Las Propiedades Físico Mecánicas De La Madera Zapote Procedente De Puerto Maldonado Para La Identificación De Sus Posibles Usos Estructurales Según La Norma Técnica Peruana E. 010”</p>							
					Fecha:	07/11/2017	
Lugar	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco						
Tesistas:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo						
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo						
Ensayo:	Cizalladura Paralela al grano						
# Probeta	H (cm)	E (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)	
P-1							
P-2							
P-3							
P-4							
P-5							
P-6							
P-7							
P-8							
P-9							
P-10							
P-11							
P-12							
P-13							
P-14							
P-15							
P-16							
P-17							
P-18							
P-19							
P-20							
P-21							
P-22							

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 18 Ficha de recolección de datos para Tensión paralela a las fibras.

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS:			
<p align="center">"DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA MADERA ZAPOTE PROCEDENTE DE PUERTO MALDONADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SUS POSIBLE USOS ESTRUCTURALES SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA E. 010"</p>			
	FECHA:	/	/
LUGAR:	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco		
TESISTAS:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo		
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo		
ENSAYO:	TENSION PARALELA A LAS FIBRAS		
Datos:	Codicion:	Carga	Deformacion
Luz:	Peso:	1	
P:	Volumen :	2	
Di:	Contenido de Humedad :	3	
P':	Densidad:	4	
Ancho (A):		5	
Espesor (B):		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	



Fuente: Elaboración Propia.

3.4.2 Instrumentos de ingeniería.

A continuación se hará una breve lista de los instrumentos que se usaron al realizar los ensayos.

- Equipo de ensayo universal.

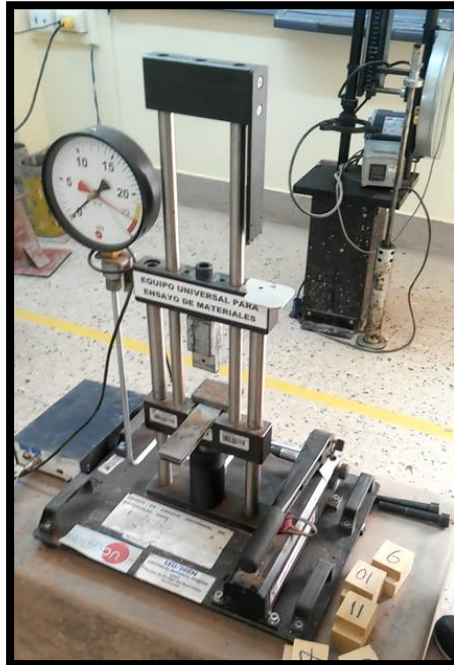


Figura N° 28 Máquina universal para ensayo de materiales.

Fuente: Propia.

- Máquina de compresión.



Figura N° 29 Máquina universal para ensayo de materiales.

Fuente: Propia

- Balanza de precisión 0.10g.



Figura N° 30 Balanza de precisión 0.10g. Fuente: Propia.

- Vernier.

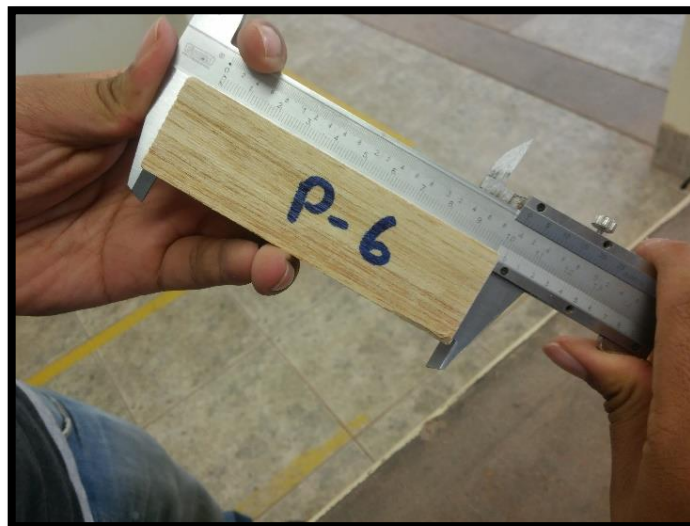


Figura N° 31 Vernier.

Fuente: Propia.

- Higrómetro.

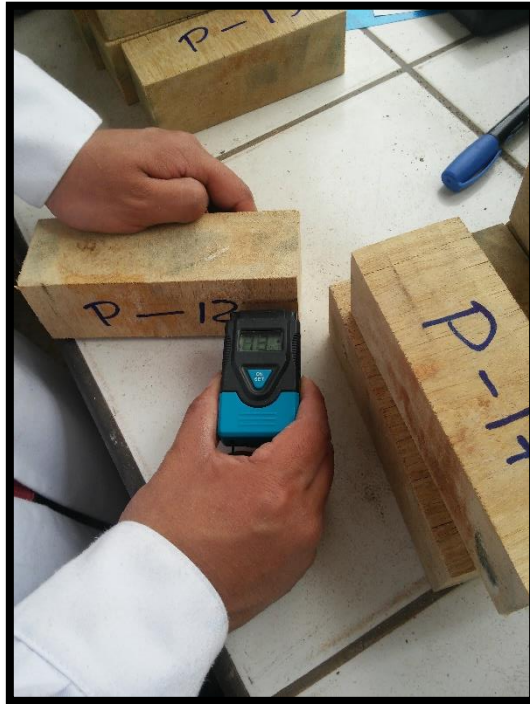


Figura N° 32 Higrómetro.

Fuente: Propia.

- Horno eléctrico.

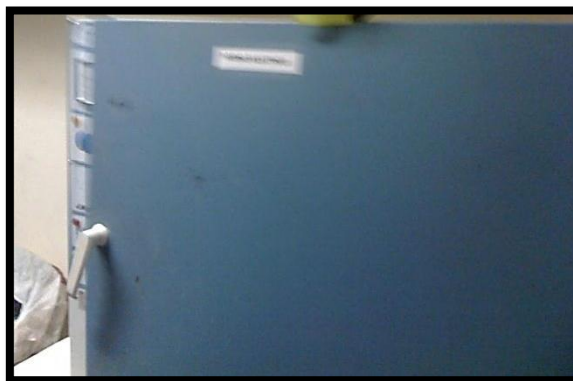


Figura N° 33 Horno eléctrico

Fuente: Propia.

- Deformímetro



Figura N° 34 Deformímetro ELE.

Fuente: Propia.

3.5 Procedimiento de recolección de datos.

3.5.1 Selección y colección de muestras.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.008

- **Objetivo**

Obtener la cantidad y calidad de muestra necesaria para los ensayos a realizar.

- **Procedimiento**

- Con el fin de obtener la muestra que en este caso son probetas de madera los testistas nos dirigimos hacia la localidad de Puerto Maldonado, para esto ya teníamos definido la población.
- Escogimos una sub zona donde será nuestro centro de actividad donde estaba permitida la tala.
- Los arboles a seleccionar generalmente fueron en base a que su material botánico estaba completo es decir sin cortes anteriores o muchas deformaciones.



Figura N° 35 Tronco árbol zapote

Fuente: Propia.



Figura N° 36 Árbol zapote.

Fuente: Propia.



Figura N° 37 Tala de árbol zapote.

Fuente: Propia.

- De los árboles se cortó viguetas con una sección transversal de 8 cm x 8cm.
- Se transportaron a Cusco.



Figura N° 38 Corte del tronco en viguetas.

Fuente: Propia.



Figura N° 39 Transporte de madera.

Fuente: Propia.



- De las viguetas que obtuvimos se cortaron las probetas que se utilizarían en los ensayos de laboratorio, las dimensiones de estas dependerán del ensayo a realizar.

3.5.2 Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físico y mecánicos.

- **Objetivo**

Acondicionar las probetas de madera para que estén listas para su utilización en los diversos ensayos que se realizaron.

- **Procedimiento**

Se protegió los extremos de las viguetas con una delgada capa de parafina caliente

Se puso las maderas en un cuarto donde el ambiente normalizado y continuo

Estando controlando el contenido de humedad en un rango de más a menos del 12 % se elaboraron las probetas

3.5.3 Ensayo para determinar la cantidad de humedad de agua en la madera.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.010.

- **Objetivo**

El objetivo de este ensayo es la determinación del contenido de humedad CH de la madera sólida

- **Aparatos**

- horno

- **Herramientas**

- Balanza
- Vernier
- Higrómetro

- **Muestra**

- **Numero:** 40 probetas
- **Dimensiones:** 5 cm x 5 cm de sección transversal y 15 cm de longitud.

Procedimiento

Medimos las dimensiones de las probetas de madera con ayuda de un vernier, utilizamos la balanza para pesar las probetas y se uso el higrómetro para determinar el porcentaje de humedad.



Figura N° 40 Pesando probetas para ensayo de contenido de humedad.

Fuente: Propia.

A continuación colocamos las probetas en bandejas metálicas y las pusimos al horno durante tres horas



Después de las tres horas, sacamos las probetas del horno esperamos a que tuvieran una temperatura ambiente y empezamos a realizar el procedimiento de manipulación



Figura N° 41 Probetas sacadas del horno.

Fuente: Propia.

Tabla N° 19 Datos de Contenido de Humedad.

	Universidad Andina del Cusco						
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura						
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
	Tesis:						
<p>“Determinación De Las Propiedades Físico Mecánicas De La Madera Zapote Procedente De Puerto Maldonado Para La Identificación De Sus Posibles Usos Estructurales Según La Norma Técnica Peruana E. 010”</p>							
					Fecha:	30/11/2017	
Lugar	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco						
Tesistas:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo						
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo						
Ensayo:	Contenido de Humedad						
	#	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso Húmedo (gr)	Humedad %	Peso seco (gr)
	1	10.1	3	2.95	73.22	18%	71.73
	2	10.1	3.05	3	73.42	14%	71.97
	3	10.1	3.1	3.2	74.46	16%	72.56
	4	10.1	3.1	3.05	71.58	14%	70.05
	5	10.05	3.1	3.05	73.75	15%	72.13
	6	10.1	3.05	2.85	69.26	10%	68.13
	7	10.1	3	2.95	73.17	14%	71.41
	8	10.1	2.95	3	72.88	11%	71.03
	9	10.05	3.05	3	74.53	16%	72.7
	10	10.1	3	3	74.59	19%	72.66
	11	10.1	2.9	3	71.15	11%	70.08
	12	10.05	3	2.95	72.16	9%	71.16
	13	10.05	2.9	3	70.98	14%	69.84
	14	10.1	2.85	2.95	69.42	12%	68.42
	15	10.05	3	2.95	73.16	13%	71.47
	16	10.1	3	2.9	68.45	14%	66.89
	17	10.1	3	2.95	74.99	15%	73.25



#	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso Húmedo (gr)	Humedad %	Peso seco (gr)
18	10.10	2.95	2.90	71.09	14%	69.91
19	10.05	3	2.9	72.68	12%	71.43
20	10.1	2.95	3	68.94	13%	67.71
21	10.05	3	2.9	69.42	14%	66.89
22	10	3	2.95	71.22	12%	70.44
23	10.05	2.95	2.95	69.42	12%	68.42
24	10.1	2.95	3	71.09	13%	69.91
25	10.05	3.05	3	73.42	14%	71.97
26	10.1	3	2.95	69.42	12%	68.42
27	10.05	2.95	2.95	74.59	19%	72.66
28	10.1	3	2.95	73.75	15%	72.13
29	10.1	3	2.95	73.42	14%	71.97
30	10.1	3	2.95	69.42	14%	66.89
31	10.1	2.95	2.95	71.76	12%	72.7
32	10	3	2.95	71.09	13%	69.91
33	10.05	3.1	3.05	68.94	13%	67.71
34	10.1	3	2.95	73.42	14%	71.97
35	10.1	3	2.95	73.17	14%	71.41
36	10.1	2.9	2.95	73.22	18%	71.73
37	10.05	3.05	3	73.42	14%	71.97
38	10.05	3.1	3.05	68.94	13%	67.71
39	10	3	2.95	71.09	13%	69.91
40	10.1	2.95	2.95	71.76	13%	72.7

Fuente: Elaboración propia.

3.5.4 Ensayo para determinar la densidad.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.011.

- **Objetivo**

El objetivo de este ensayo es la determinación del contenido de humedad CH de la madera sólida

- **Aparatos**

- horno

- **Herramientas**

- Balanza

- Vernier
- Higrómetro
- **Muestra**
 - **Numero:** 40 probetas
 - **Dimensiones:** 5 cm x 5 cm de sección transversal y 15 cm de longitud.



Figura N° 42 Enumeramos las probetas con tinta indeleble.

Fuente: Propia.

Medimos las dimensiones de las probetas de madera con ayuda de un vernier, las utilizamos la balanza para pesar las probetas y se uso el higrómetro para determinar el porcentaje de humedad.

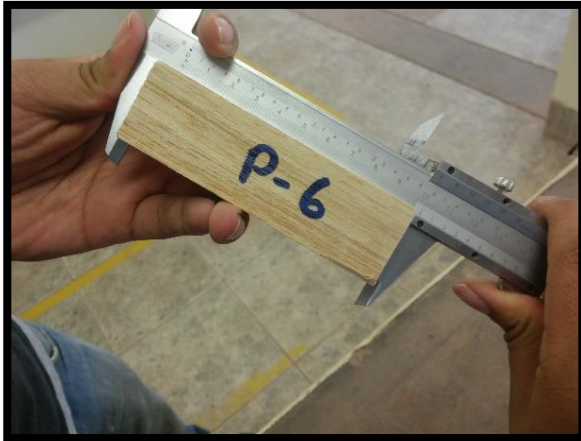


Figura N° 43 Medición de las probetas

Fuente: Propia.



Figura N° 44 Pesamos las muestras

Fuente: Propia.

Despues de medir las dimensiones, pesar y determinar la cantidad de humedad pusimos las probetas en bandejas metalizas para colocarlas en el horno del laboratorio durante tres horas.



Figura N° 45 Probetas en una bandeja para ponerlas al horno.

Fuente: Propia.



Figura N° 46 Pesado después del horno.

Fuente: Propia.

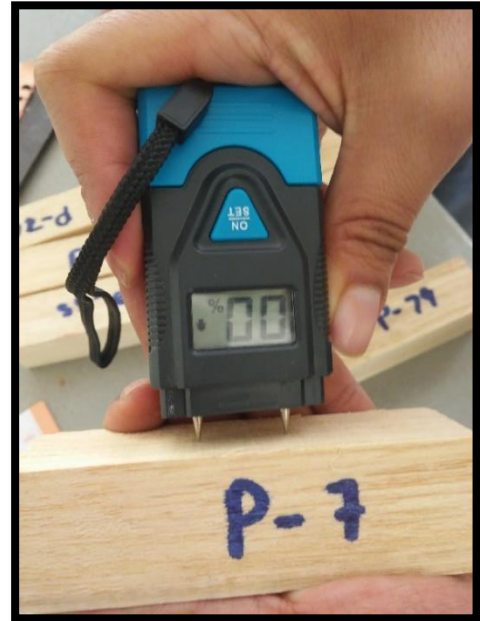


Figura N° 47 Obtención de la humedad.

Fuente: Propia

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados registramos las fallas que se presentaron en las probetas. En este caso eran agrietamientos en todas las caras de las probetas.



Figura N° 48 Fallas en el ensayo de densidad.

Fuente: Propia.

Los datos que utilizamos son de la ficha anterior de la pagina



Tabla N° 20 Datos de la densidad básica.

# Probeta	Peso Seco (gr)	volumen (cm ³)
P-1	71.73	89.39
P-2	71.97	92.42
P-3	72.56	100.19
P-4	70.05	95.50
P-5	72.13	95.02
P-6	68.13	87.79
P-7	71.41	89.39
P-8	71.03	89.39
P-9	72.70	91.96
P-10	72.66	90.90
P-11	70.08	87.87
P-12	71.16	88.94
P-13	69.84	87.44
P-14	68.42	84.92
P-15	71.47	88.94
P-16	66.89	87.87
P-17	73.25	89.39
P-18	69.91	86.41
P-19	71.43	87.44
P-20	67.71	89.39
P-21	66.89	87.44
P-22	70.44	88.50
P-23	68.42	87.46
P-24	69.91	89.39
P-25	71.97	91.96
P-26	68.42	89.39
P-27	72.66	87.46
P-28	72.13	89.39
P-29	71.97	89.39
P-30	66.89	89.39



# Probeta	Peso Seco (gr)	volumen (cm ³)
P-31	72.70	87.90
P-32	69.91	88.50
P-33	67.71	95.02
P-34	71.97	89.39
P-35	71.41	89.39
P-36	71.73	86.41
P-37	71.97	91.96
P-38	67.71	95.02
P-39	69.91	88.50
P-40	72.70	87.90

Fuente: Elaboracion Propia.

3.5.5 Ensayo para determinar el cizallamiento paralelo al grano.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.013

- **Objetivo**

Determinar la resistencia al cizallamiento al grano de la probeta de madera.

- **Aparatos**

- Máquina de ensayos universales

- **Herramientas**

- Balanza
- Vernier
- Higrómetro
- Cizalla

- **Muestra**

- **Numero:** 40 probetas
- **Dimensiones:** Los ensayos de cizallamientos paralelo al grano, se realizaran sobre probetas de 5 cm x 5 cm x 6.5 cm, recortadas en una de sus caras como veremos en la siguiente imagen.

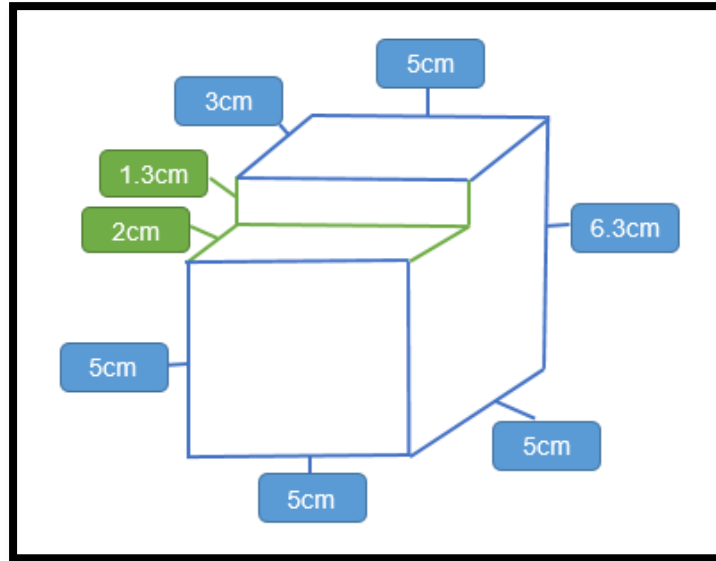


Figura N° 49 Dimensiones de probeta para ensayo de cizallamiento paralelo al grano.

Fuente: Elaboracion Propia.

Con la finalidad de tener una mejor precision se vio por conveniente medir las deimensiones de las probetas de madera con ayuda de un vernier, utilizamos la balanza para pesar las probetas y se uso el higrometro para determinar el porcentaje de humedad.



Figura N° 50 Pesando probetas de ensayo de cizallamiento paralelo al grano.

Fuente: Fuente Propia.

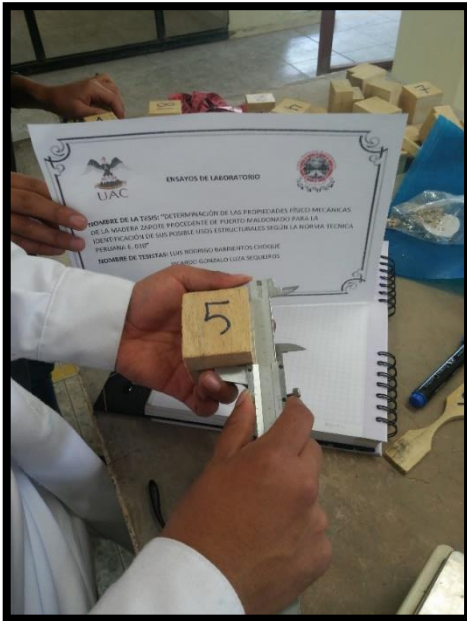


Figura N° 51 Medición de probeta.

Fuente: Propia.



Figura N° 52 Porcentaje de humedad

Fuente: Propia.

Preparamos la máquina de ensayos universales del laboratorio para el ensayo.

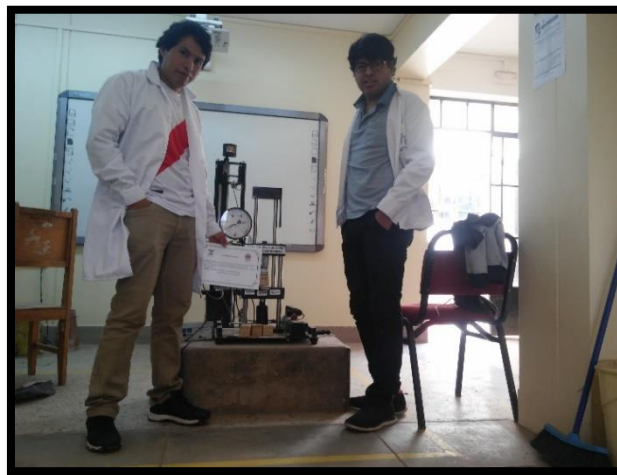


Figura N° 53 Máquina de ensayos universales para el ensayo.

Fuente: Propia.

Realizamos la colocación de las probetas en la máquina de ensayos universal de manera que la cara transversal de esta reciba la presión de la cizalla. Nos aseguramos de que cada una de las probetas se encuentre fuertemente ajustadas.

Continuación se aplica presión mediante la palanca de la maquina universal esto de forma manual y de forma continua.



Figura N° 54 Colocación de probetas.

Fuente: Propia.

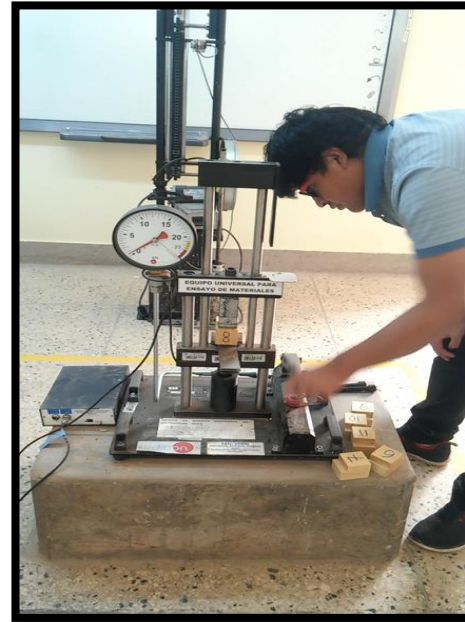


Figura N° 55 Aplicación de presión

Fuente: Propia.

Al momento del ensayo se prestó especial atención determinar el momento en el que la probeta presento una falla y así registramos la fuerza máxima aplicada.

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados registramos las fallas que se presentaron en las probetas.



Figura N° 56 Fallas por cizallamiento 1.



Fuente: Propia.



Figura N° 57 Fallas por cizallamiento 2.

Fuente: Propia

Tabla N° 21 Datos de Cizalladura paralela al grano.

 UAC	Universidad Andina del Cusco						
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura						
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil						
	Tesis:						
“Determinación De Las Propiedades Físico Mecánicas De La Madera Zapote Procedente De Puerto Maldonado Para La Identificación De Sus Posibles Usos Estructurales Según La Norma Técnica Peruana E. 010”							
					Fecha:	07/11/2017	
Lugar	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco						
Tesistas:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo						
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo						
Ensayo:	Cizalladura Paralela al grano						
	# Probeta	H (cm)	E (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)
	P-1	5.05	4.70	112.70	10.00%	18.00	1835.42
	P-2	5.05	5.00	112.00	10.00%	20.00	2039.36
	P-3	5.10	4.70	110.10	10.00%	21.00	2141.33
	P-4	5.00	5.05	107.30	10.00%	22.00	2243.30
	P-5	5.05	4.65	111.20	8.00%	20.50	2090.34
	P-6	5.05	4.95	113.40	10.00%	17.00	1733.46
	P-7	5.05	4.95	112.30	10.00%	19.00	1937.39
	P-8	5.05	4.70	113.10	9.00%	18.00	1835.42
	P-9	5.00	5.00	108.70	9.00%	17.00	1733.46
	P-10	5.00	4.75	115.50	9.00%	20.00	2039.36
	P-11	5.05	4.73	111.30	10.00%	19.00	1937.39
	P-12	4.95	4.70	111.50	9.00%	22.00	2243.30
	P-13	5.00	4.95	111.90	9.00%	14.50	1478.54
	P-14	5.00	4.70	111.50	9.00%	18.00	1835.42



	# Probeta	H (cm)	E (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)
	P-15	5.03	4.95	110.90	10.00%	17.5	1784.44
	P-16	5.00	4.73	110.40	10.00%	16.00	1631.49
	P-17	4.95	4.65	111.30	9.00%	24.00	2447.23
	P-18	5.10	4.70	111.60	9.00%	22.50	2294.28
	P-19	5.05	4.70	114.50	10.00%	25.00	2549.20
	P-20	5.00	4.90	115.32	8.00%	18.50	1886.41
	P-21	5.00	4.95	113.50	10.00%	17.00	1733.46
	P-22	4.95	4.95	110.24	9.00%	20.00	2039.36
	P-23	5.05	4.75	109.14	8.00%	19.00	1937.39
	P-24	5.00	4.90	113.41	7.00%	20.50	2090.34
	P-25	5.10	4.95	108.50	8.00%	22.00	2243.30
	P-26	4.90	4.90	111.41	9.00%	19.00	1937.39
	P-27	5.05	4.85	112.43	10.00%	20.50	2090.34
	P-28	5.00	4.95	115.76	11.00%	21.00	2141.33
	P-29	4.95	5.00	112.43	9.00%	23.00	2345.26
	P-30	5.00	4.95	111.54	8.00%	17.50	1784.44
	P-31	5.00	4.95	110.40	10.00%	16.00	1631.49
	P-32	5.05	4.65	111.30	8.00%	18.50	1886.41
	P-33	5.10	4.73	111.60	9.00%	24.00	2447.23
	P-34	5.05	4.70	114.50	9.00%	25.00	2549.20
	P-35	5.00	4.80	115.32	9.00%	21.50	2192.31
	P-36	4.95	5.00	114.23	10.00%	18.00	1835.42
	P-37	5.00	5.00	109.43	11.00%	20.00	2039.36
	P-38	5.05	4.90	108.54	8.00%	21.00	2141.33
	P-39	5.10	5.00	110.65	7.00%	18.00	1835.42
	P-40	5.10	4.90	111.54	9.00%	20.00	2039.36

Fuente: Elaboración propia.

3.5.6 Ensayo para determinar compresión axial o paralela al grano.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.014.

- **Objetivo**

El objetivo de este ensayo es la determinación de la resistencia a la compresión axial o paralela al grano de la probeta.

- **Aparatos**
 - Máquina de compresión.
- **Herramientas**
 - Balanza
 - Vernier
 - Higrómetro
- **Muestra**
 - **Numero:** 40 probetas
 - **Dimensiones:** 5 cm x 5 cm de sección transversal y 20 cm de longitud.

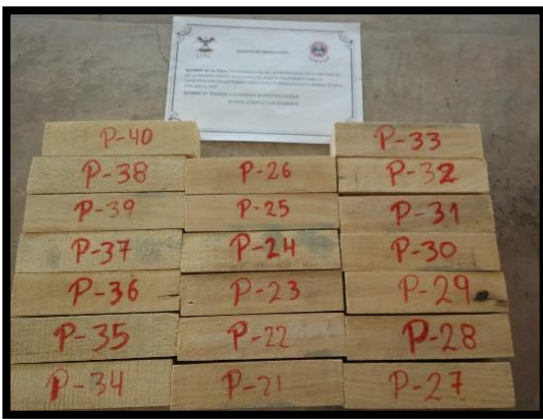


Figura N° 58 Muestras compresión axial1.

Fuente: Propia.



Figura N° 59 Muestras compresión axial2.

Fuente: Propia.

Con la finalidad de tener una mejor precisión se vio por conveniente medir las dimensiones de las probetas de madera con ayuda de un vernier, esto lo realizamos al comienzo del ensayo en el laboratorio.



Figura N° 60 Pesando probetas de ensayo de compresión paralela al grano.

Fuente: Propia.

Continuación procedimos a colocar la probeta en la máquina de compresión para esto buscamos la forma más uniforme de meterla, procurando que se encuentre bien centrada con la finalidad de que la carga llegue uniformemente a la cara de la probeta.

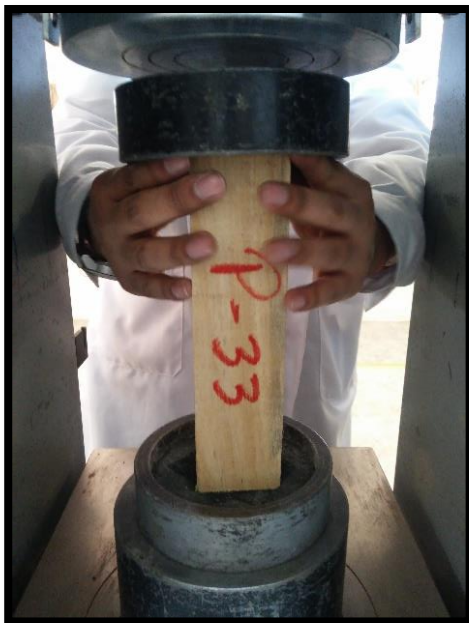


Figura N° 61 Colocando muestra.

Fuente: Propia.



Figura N° 62 Muestra colocada.

Fuente: Propia.

Colocamos el deformímetro para poder elaborar el grafico de carga deformación. Tomamos datos continuamente durante el transcurso del ensayo donde la maquinada compresión ejercía carga en la probeta.



Figura N° 63 Deformímetro en la máquina de compresión

Fuente: Propia.

Al presentarse la ruotura en la briqueta se dispuso a parar la maquina y tomar punte de los datos que esta nos brindo. (datos de la carga maxima)



Figura N° 64 Lecturas en la máquina de compresión.

Fuente: Propia.

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados registramos las fallas que se presentaron en las probetas. En este este ensayo observamos agrietamientos en la cara donde se ejerció carga.



Figura N° 65 Fallas por compresión axial.

Fuente: Propia.



Figura N° 66 Fallas por compresión axial2.

Fuente: Propia.

Tabla N° 22 Datos de Compresión axial o paralela al grano.

# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (Kg)
P-1	19.95	5.05	5.10	430.18	15.00	3730.00
P-2	20.00	5.05	5.05	466.39	17.00	4460.00
P-3	20.05	5.00	5.05	446.15	15.00	6890.00
P-4	19.95	5.05	5.05	449.81	17.00	5340.00
P-5	19.90	5.00	5.10	431.72	14.00	6220.00
P-6	20.00	5.05	5.05	452.30	16.00	5630.00
P-7	20.10	5.00	5.05	441.62	18.00	5230.00
P-8	19.95	5.00	5.00	443.38	15.00	6370.00
P-9	20.05	5.05	5.00	448.45	16.00	6560.00
P-10	20.10	5.05	5.10	438.10	15.00	4150.00
P-11	20.00	5.00	5.10	444.26	16.00	4150.00
P-12	19.90	5.00	5.05	443.19	15.00	6290.00
P-13	20.05	5.05	5.05	457.38	16.00	5660.00
P-14	20.10	5.05	4.95	433.41	15.00	6540.00



# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (Kg)
P-15	19.95	5.00	5.05	456.34	16.00	6880.00
P-16	20.05	5.10	5.05	453.87	17.00	5800.00
P-17	19.95	5.10	5.05	443.52	17.00	5430.00
P-18	20.00	5.05	5.00	448.89	15.00	5220.00
P-19	20.00	5.05	5.05	439.20	15.00	6090.00
P-20	20.00	4.95	5.05	433.75	12.00	5500.00
P-21	19.95	4.95	5.00	454.64	16.00	6880.00
P-22	20.05	5.05	5.05	457.38	16.00	5800.00
P-23	20.00	4.95	5.05	433.75	12.00	5430.00
P-24	19.95	5.00	5.00	443.38	15.00	5220.00
P-25	20.00	5.00	5.10	444.26	16.00	6100.00
P-26	19.90	5.00	5.05	443.19	15.00	5890.00
P-27	19.50	5.00	5.10	444.26	16.00	5200.00
P-28	20.10	5.05	4.95	433.41	15.00	6220.00
P-29	19.95	4.95	5.00	454.64	16.00	5630.00
P-30	20.10	5.00	5.05	441.62	18.00	5230.00
P-31	19.95	5.00	5.00	443.38	15.00	6370.00
P-32	20.05	5.05	5.00	448.45	16.00	6560.00
P-33	20.00	5.05	5.05	452.30	16.00	4150.00
P-34	19.50	5.05	5.05	452.30	16.00	4150.00
P-35	20.00	5.00	5.00	461.66	17.00	5100.00
P-36	20.05	5.05	5.00	451.76	18.00	5010.00
P-37	19.95	5.05	5.10	430.18	15.00	4890.00
P-38	20.00	5.05	5.05	466.39	17.00	6370.00
P-39	20.00	5.05	5.05	452.30	16.00	6560.00
P-40	19.95	5.00	4.95	463.25	17.00	4150.00

Fuente: Elaboración propia.

3.5.7 Ensayo para determinar la compresión perpendicular al grano.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.016

- **Objetivo**

Determinar la resistencia a la compresión perpendicular al grano de la probeta de madera.

- **Aparatos**
 - Máquina de compresión
- **Herramientas**
 - Deformímetro.
 - Balanza.
 - Vernier.
 - Higrómetro.
- **Muestra**
 - **Numero:** 40 probetas
 - **Dimensiones:** Los ensayos de compresión perpendicular al grano se realizan en probetas en forma de prismas rectos de 5 cm x 5 cm de sección transversal y de 15 cm de longitud, construidos de tal manera que las caras sean paralelas al grano y una de las caras paralelas también a los anillos de crecimiento.



Figura N° 67 Probetas para ensayo de compresión perpendicular.

Fuente: Peopia.

Con la finalidad de tener una mejor precisión se vio por conveniente medir las dimensiones de las probetas de madera con ayuda de un vernier, esto lo realizamos al comienzo del ensayo en el laboratorio.



Figura N° 68 Sección transversal.

Fuente: Propia.



Figura N° 69 Longitud.

Fuente: Propia.

Procedimos a utilizar el higrómetro para determinar el porcentaje de humedad en las probetas de madera, y si utilizo la balanza para pesar cada una de las probetas



Figura N° 70 Midiendo el contenido de humedad con higrómetro.

Fuente: Foto tomada por los tesistas

Despuesde medir la cantidade humedad pesamos cada una de las probetas con la ayuda de una balanza.

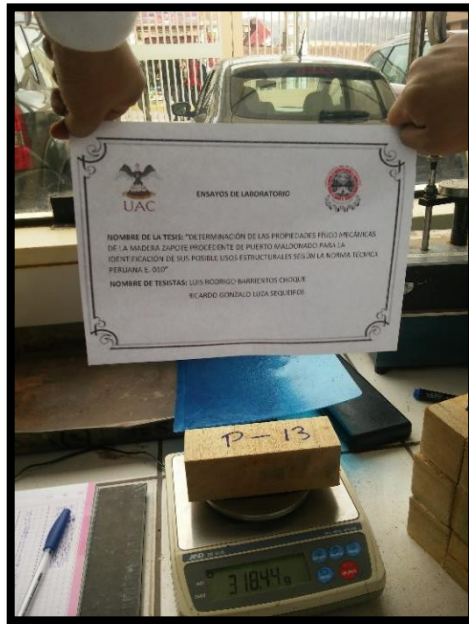


Figura N° 71 Pesando probetas de ensayo de compresión perpendicular.

Fuente: Foto tomada por los tesistas

Para el ensayo utilizamos la maquina de compresion del laboratorio diseñada para este tipo de ensayos. Tuvimos precaucion para su utilizacion estando atentos en toda la duracion del ensayo.

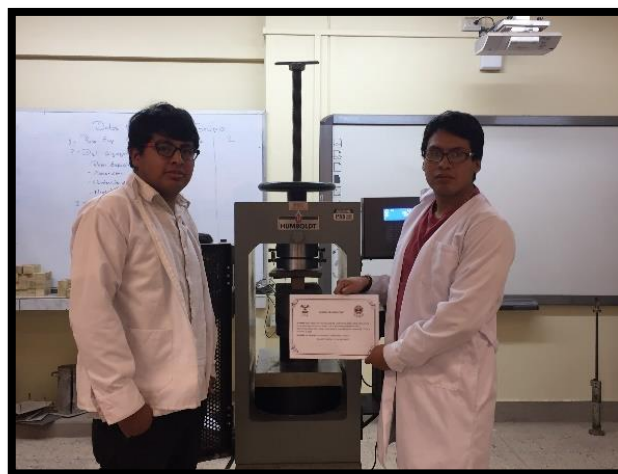


Figura N° 72 Maquina de compresión del laboratorio

Fuente: Propia.

Al momento de la colocacion de las probetas de madera en la maquina de compresion nos ayudamos de dos placas metalicas que chocaban con las caras longitudinales de la proveta para que asi la carga se efectuen en toda esa cara.

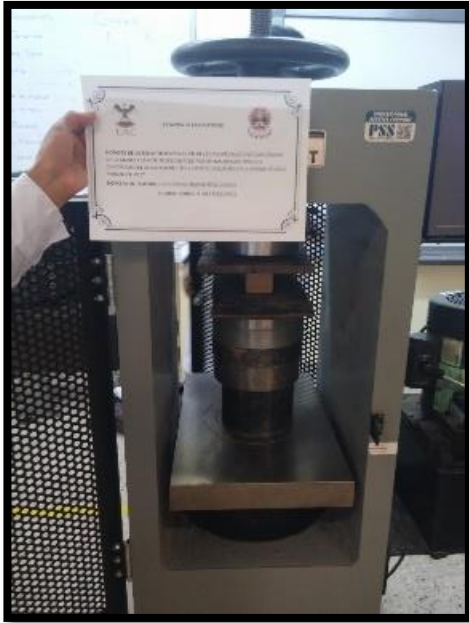


Figura N° 74 Briqueta en máquina de compresión

Fuente: Propia.



Figura N° 73 Placas metálicas.

Fuente: Propia.

Colocamos el deformímetro para poder elaborar el grafico de carga deformación. Tomamos datos continuamente durante el transcurso del ensayo donde la maquinada compresión ejercía carga en la probeta.



Figura N° 75 Colocación del deformímetro.

Fuente: Propia.

Al presentarse la ruotura en la briqueta se dispuso a parar la maquina y tomar punte de los datos que esta nos brinda.(datos de la carga maxima).

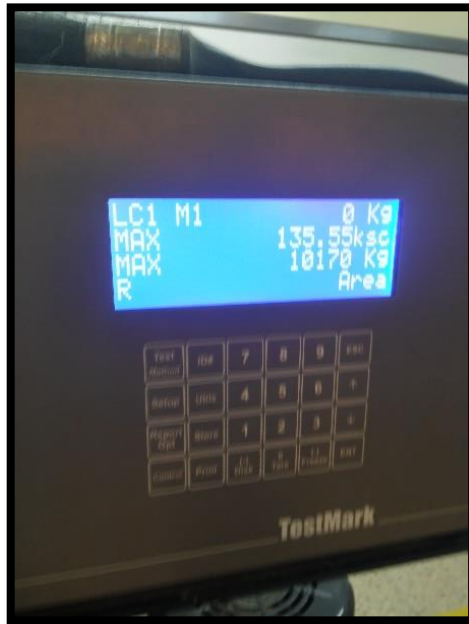


Figura N° 76 Lecturas de carga de la máquina de compresión.

Fuente: Propia.

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados registramos las fallas que se presentaron en las probetas.



Figura N° 77 Falla por compresión 1.

Fuente: Propia.



Figura N° 78 Falla por compresión 2.

Fuente: Propia.



Tabla N° 23 Compresión perpendicular al grano.

# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (Kg)
P-1	14.90	4.90	5.00	319.41	0.15	6690.00
P-2	14.90	4.90	5.00	304.8	0.15	11760.00
P-3	15.00	5.05	5.10	251.74	0.17	26990.00
P-4	15.00	4.95	5.05	336.49	0.16	8250.00
P-5	14.95	5.10	5.00	332.73	0.16	10170.00
P-6	14.95	5.05	5.00	349.60	0.18	8250.00
P-7	14.90	5.05	5.00	322.69	0.16	24350.00
P-8	15.00	5.00	5.10	339.29	0.17	14720.00
P-9	14.90	4.90	5.00	331.07	0.16	22580.00
P-10	15.00	4.95	5.01	342.47	0.17	15580.00
P-11	15.00	5.10	5.10	341.40	0.18	17030.00
P-12	15.00	5.00	5.10	348.02	0.19	10840.00
P-13	14.90	4.00	5.00	318.43	0.15	14080.00
P-14	14.90	5.00	5.05	328.67	0.15	18630.00
P-15	14.80	4.90	5.00	289.90	0.13	14080.00
P-16	15.00	4.90	5.00	326.35	0.19	9410.00
P-17	14.90	4.90	5.10	313.24	0.15	10840.00
P-18	15.00	5.00	5.10	330.44	0.19	11443.00
P-19	15.00	5.00	5.10	349.30	0.18	10840.00
P-20	15.00	5.00	5.10	340.32	0.20	9410.00
P-21	15.00	4.95	5.10	329.45	0.20	12820.00
P-22	14.95	5.00	4.90	334.35	0.19	8942.00
P-23	15.00	4.95	5.00	375.54	0.17	9341.00
P-24	14.95	4.90	4.95	345.65	0.18	10431.00
P-25	14.95	5.00	5.00	353.45	0.17	15432.00
P-26	14.95	4.95	5.00	354.54	0.15	12346.00
P-27	14.90	4.90	5.05	315.33	0.15	9345.00
P-28	15.00	5.05	5.00	335.97	0.16	8345.00
P-29	15.00	5.10	5.00	356.78	0.16	12323.00



# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (Kg)
P-30	14.95	5.05	5.10	301.55	0.18	8245.00
P-31	14.95	4.95	5.05	289.54	0.17	11345.00
P-32	14.95	4.90	5.10	322.56	0.18	14453.00
P-33	14.95	5.00	4.95	315.33	0.16	10422.00
P-34	15.00	5.00	5.00	368.54	0.16	11534.00
P-35	14.95	5.05	5.00	360.05	0.20	13434.00
P-36	14.90	5.05	5.00	354.54	0.19	12435.00
P-37	14.95	5.00	5.00	344.45	0.19	15540.00
P-38	14.90	5.10	5.00	369.1	0.18	9932.00
P-39	15.00	5.00	5.01	341.54	0.18	10599.00
P-40	14.95	5.10	5.10	365.53	0.20	11032.00

Fuente: Elaboración propia.

3.5.8 Ensayo para determinar la flexión estática.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.017

- **Objetivo**

Determinar resistencia a la flexión estática.

- **Aparatos**

- Máquina de ensayos universales

- **Herramientas**

- Placas de acero con rodillos
- Soportes
- Cabezal o bloque de carga
- Deformímetro
- Higrómetro
- Balanza
- Metro

- **Muestra**

- **Numero:** 40 probetas
- **Dimensiones:** El ensayo de la flexión estática se realiza con una probeta de 2.5 cm x 2.5 cm x 41 cm de longitud total (luz 35 cm)



Figura N° 79 Probetas de madera para ensayo de flexión estática.

Fuente: Propia.

Con el fin de registrar los datos de las características físicas de las probetas, se pesaron con la balanza, se midieron con metro (el vernier no alcanzo en este caso para medir la probeta) y determinar su porcentaje de humedad con el higrómetro



Figura N° 80 Pesando probetas de ensayo de flexión estática.

Fuente: Propia.

Para este ensayo utilizamos la prensa de la maquina universal para ensayo de materiales que disponemos en el laboratorio.



Figura N° 81 Ensayo de flexión estática.

Fuente: Propia.

La carga se aplica en el centro de la muestra distancia entre los soportes de 17.5 cm y se colocan entre la probeta y los soportes, las placas de acero con rodillos.



Figura N° 82 Colocación de la probeta en la maquina universal.

Fuente: Propia.

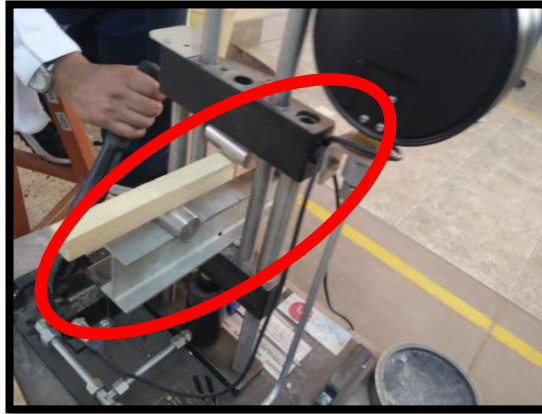


Figura N° 83 Soportes.

Fuente: Propia.

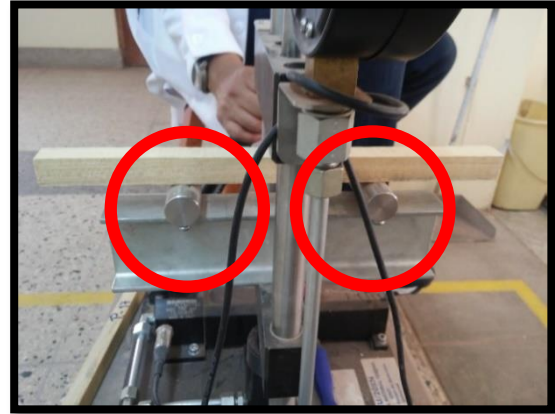


Figura N° 84 Rodillos.

Fuente: Propia.

Ya estando acomodada la probeta se aplica la carga continuamente, se midieron las deflexiones producidas en la mitad de la luz para cargas progresivas, de modo que las lecturas que así se obtengan permitan trazar el grafico de curva carga – deformación, para determinar el límite de proporcionalidad.

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados registramos las fallas que se presentaron en las probetas

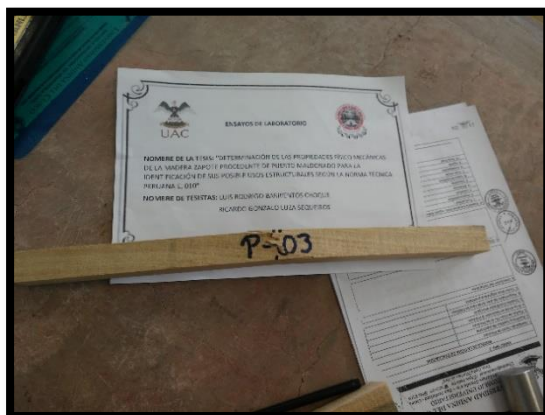


Figura N° 85 Falla en ensayo flexión 1.

Fuente: Propia.

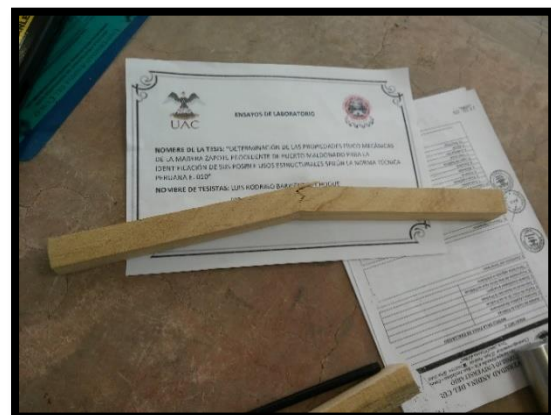




Figura N° 86 Falla en ensayo flexión 2.

Fuente: Propia.

Tabla N° 24 Flexión estática.

	Universidad Andina del Cusco							
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura							
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil							
	Tesis:							
<p align="center">“Determinación De Las Propiedades Físico Mecánicas De La Madera Zapote Procedente De Puerto Maldonado Para La Identificación De Sus Posibles Usos Estructurales Según La Norma Técnica Peruana E. 010”</p>								
						Fecha:	07/11/2017	
Lugar	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco							
Tesistas:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo							
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo							
Ensayo:	Flexión Estática							
# Probeta	L (cm)	Luz (cm)	A (cm)	E (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	
P-1	41.00	17.50	2.50	2.45	203.81	14.00%	4.50	
P-2	41.00	17.50	2.50	2.45	207.83	14.00%	5.50	
P-3	41.00	17.50	2.40	2.48	205.02	14.00%	6.00	
P-4	41.00	17.50	2.40	2.50	204.88	13.00%	6.50	
P-5	41.00	17.50	2.40	2.48	208.59	12.00%	7.00	
P-6	41.00	17.50	2.40	2.40	201.87	12.00%	7.50	
P-7	41.00	17.50	2.47	2.40	195.16	13.00%	6.00	
P-8	41.00	17.50	2.51	2.50	205.93	11.00%	7.00	
P-9	41.00	17.50	2.40	2.40	205.90	15.00%	6.70	
P-10	41.00	17.50	2.50	2.40	203.50	13.00%	5.00	
P-11	41.00	17.50	2.50	2.40	206.10	11.00%	7.00	
P-12	41.00	17.50	2.48	2.40	205.11	13.00%	6.70	
P-13	41.00	17.50	2.50	2.48	207.55	13.00%	7.50	
P-14	41.00	17.50	2.45	2.40	202.39	11.00%	6.50	
P-15	41.00	17.50	2.45	2.50	211.86	16.00%	7.50	
P-16	41.00	17.50	2.50	2.48	204.98	13.00%	7.00	



# Probeta	L (cm)	Luz (cm)	A (cm)	E (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)
P-17	41.00	17.50	2.50	2.50	201.08	11.00%	6.50
P-18	41.00	17.50	2.50	2.50	205.91	12.00%	7.50
P-19	41.00	17.50	2.50	2.48	208.85	12.00%	7.00
P-20	41.00	17.50	2.50	2.40	206.59	11.00%	7.50
P-21	41.00	17.50	2.50	2.40	203.50	12.00%	5.00
P-22	41.00	17.50	2.48	2.45	205.21	13.00%	4.80
P-23	41.00	17.50	2.50	2.50	203.12	15.00%	6.00
P-24	41.00	17.50	2.50	2.50	205.41	16.00%	5.50
P-25	41.00	17.50	2.50	2.45	206.12	11.00%	7.00
P-26	41.00	17.50	2.48	2.40	205.11	12.00%	6.70
P-27	41.00	17.50	2.50	2.48	207.55	13.00%	7.00
P-28	41.00	17.50	2.50	2.50	206.34	12.00%	6.70
P-29	41.00	17.50	2.50	2.40	206.59	11.00%	6.50
P-30	41.00	17.50	2.50	2.48	204.98	13.00%	7.00
P-31	41.00	17.50	2.50	2.50	205.91	13.00%	7.00
P-32	41.00	17.50	2.50	2.48	208.85	13.00%	6.70
P-33	41.00	17.50	2.48	2.45	203.56	12.00%	6.50
P-34	41.00	17.50	2.48	2.45	207.52	13.00%	6.00
P-35	41.00	17.50	2.50	2.48	205.43	11.00%	6.70
P-36	41.00	17.50	2.50	2.48	208.85	12.00%	6.70
P-37	41.00	17.50	2.50	2.50	205.76	13.00%	7.00
P-38	41.00	17.50	2.50	2.50	205.91	13.00%	7.50
P-39	41.00	17.50	2.50	2.50	205.91	12.00%	7.50
P-40	41.00	17.50	2.50	2.40	206.59	13.00%	7.00

Fuente: Elaboración propia.

3.5.9 Ensayo de determinación de la tensión paralela a las fibras.

Este ensayo se realizó basándose en la norma NTP 251.085

- **Objetivo**

Determinar la tensión paralela a las fibras en la madera.

- **Aparatos**

- Máquina de ensayos universales
- **Herramientas**
 - Deformímetro
 - Higrómetro
 - Balanza
- **Muestra**
 - **Numero:** 40 probetas
 - **Dimensiones:** al no estar el laboratorio equipado con aparato para realizar este ensayo con las dimensiones especificadas en la norma utilizamos las siguientes medidas

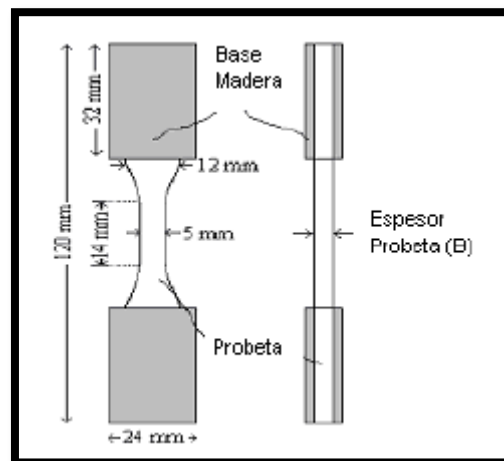


Figura N° 87 Dimensiones de probeta para ensayo de tensión paralela a las fibras.

Fuente: Determinación de la resistencia mecánica a tensión y cizalladura de la guadua angustifolia kunth.

El laboratorio cuenta con la disposición de la máquina de ensayos universales para a esta no se le pudo acoplar la probeta con dimensiones especificadas en la norma por ser esta muy grande. A lo que optamos a usar otras medidas.

Con el fin de registrar los datos de las características físicas de las probetas, se pesaron con la balanza, se midieron con vernier y determinar su porcentaje de humedad con el higrómetro. A continuación preparamos la máquina de ensayos universales para el ensayo en desarrollo.



Figura N° 88 Ensayo de tensión paralela a las fibras.

Fuente: Propia.

Se ubicó las probetas en las mordazas y se centraron correctamente, se colocó el deformímetro. Luego de haber acomodado todo se aplicó la carga de una forma progresiva hasta que se presente la ruptura en la probeta.



Figura N° 89 Mordazas.

Fuente: Propia.



Figura N° 90 Falla por tracción.

Fuente: Propia.

Con el fin de mejorar la interpretación de los resultados registramos las fallas que se presentaron en las probetas, como podemos observar se partieron a la mitad.



Figura N° 91 Fallas en la probeta

Fuente: Propia.

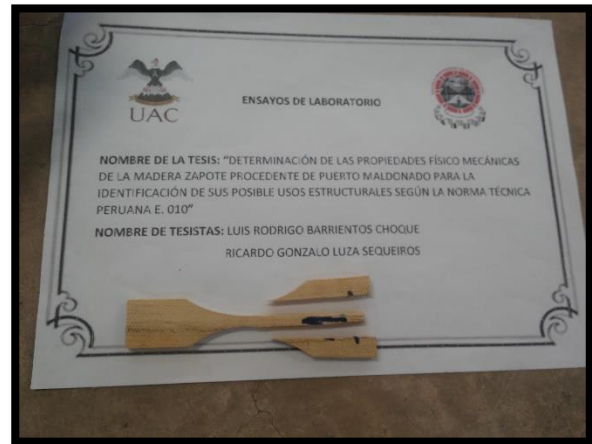


Figura N° 92 Fallas en la probeta.

Fuente: Propia.

Tabla N° 25 Datos de Tensión paralelas a las fibras.

	Universidad Andina del Cusco		
	Facultad de Ingeniería y Arquitectura		
	Escuela Profesional de Ingeniería Civil		
	Tesis:		
“Determinación De Las Propiedades Físico Mecánicas De La Madera Zapote Procedente De Puerto Maldonado Para La Identificación De Sus Posibles Usos Estructurales Según La Norma Técnica Peruana E. 010”			
		Fecha:	07/11/2017
Lugar	Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Andina del Cusco		
Tesistas:	Barrientos Choque, Luis Rodrigo		
	Luza Sequeiros, Ricardo Gonzalo		
Ensayo:	Tensión Paralela a las fibras		



# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)
P-1	12.10	2.35	0.50	9.60	8.00%	4.50	458.86
P-2	12.05	2.40	0.55	9.40	7.00%	4.60	469.05
P-3	12.00	2.35	0.55	8.90	8.00%	3.80	387.48
P-4	12.05	2.40	0.50	9.30	7.00%	4.20	428.27
P-5	12.05	2.35	0.55	9.60	6.00%	3.00	305.90
P-6	12.05	2.35	0.55	9.40	6.00%	5.00	509.84
P-7	12.05	2.35	0.50	9.30	7.00%	5.50	560.82
P-8	12.00	2.40	0.55	9.20	8.00%	5.50	560.82
P-9	12.05	2.35	0.50	9.60	9.00%	5.50	560.82
P-10	12.00	2.40	0.55	9.40	6.00%	6.50	662.79
P-11	12.05	2.40	0.50	9.30	7.00%	4.00	407.87
P-12	12.00	2.40	0.55	9.60	7.00%	5.00	509.84
P-13	12.00	2.40	0.50	9.50	8.00%	5.00	509.84
P-14	12.05	2.35	0.50	9.50	9.00%	6.00	611.81
P-15	12.00	2.40	0.50	8.80	7.00%	5.00	509.84
P-16	12.05	2.35	0.50	8.50	6.00%	3.00	305.90
P-17	12.05	2.40	0.50	8.80	8.00%	5.00	509.84
P-18	12.00	2.40	0.52	9.10	7.00%	4.50	458.86
P-19	12.05	2.40	0.50	9.10	8.00%	3.00	305.90
P-20	12.00	2.40	0.53	9.10	7.00%	5.30	540.43
P-21	12.00	2.40	0.55	8.80	9.00%	4.00	407.87
P-22	12.05	2.36	0.55	8.50	9.00%	4.50	458.86
P-23	12.00	2.40	0.50	9.60	9.00%	3.50	356.89
P-24	12.00	2.40	0.53	8.90	9.00%	5.00	509.84
P-25	12.10	2.35	0.53	9.20	9.00%	5.50	560.82
P-26	12.05	2.36	0.50	9.30	9.00%	6.00	611.81
P-27	12.00	2.36	0.50	9.50	9.00%	4.50	458.86
P-28	12.00	2.36	0.50	8.90	9.00%	4.50	458.86
P-29	12.10	2.40	0.53	8.80	9.00%	6.00	611.81
P-30	12.10	2.42	0.52	8.50	9.00%	5.00	509.84
P-31	12.05	2.40	0.50	8.50	9.00%	5.00	509.84



# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)
P-32	12.00	2.40	0.49	9.10	9.00%	4.50	458.86
P-33	12.10	3.35	0.50	9.50	9.00%	4.00	407.87
P-34	12.10	2.35	0.50	9.30	9.00%	3.50	356.89
P-35	12.05	2.36	0.55	8.90	9.00%	3.00	305.90
P-36	12.05	2.40	0.52	9.00	9.00%	5.00	509.84
P-37	12.10	2.35	0.55	9.10	9.00%	5.00	509.84
P-38	12.00	2.40	0.55	9.10	9.00%	6.00	611.81
P-39	12.00	2.35	0.50	9.50	9.00%	4.00	407.87
P-40	12.00	2.40	0.50	8.80	9.00%	4.00	407.87

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Procedimiento de Análisis de datos

En el procedimiento de recolección de datos se han realizado todos los trabajos necesarios para la investigación, utilizando los instrumentos metodológicos e instrumentos de ingeniería que se mencionaron con anterioridad, revisando siempre que dichos instrumentos tengan confiabilidad y validez.

3.1.1 Densidad

3.1.1.1 Densidad básica

- Análisis de la densidad básica para 40 probetas.

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Densidad Basica } \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) = \frac{\text{Peso Anhidrido (gr)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}$$

En la probeta N°1 se obtuvo como resultado la densidad básica:

$$\text{Densidad Basica} = \frac{71.73 \text{ gr}}{89.39 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Densidad Basica} = 0.80248364 \text{ g/cm}^3$$



Tabla N° 26 Análisis de la Densidad Básica.

# Probeta	Peso Seco (gr)	volumen (cm ³)	Densidad Básica (g/cm ³)
P-1	49.54	89.39	0.5542317
P-2	48.97	92.42	0.5298923
P-3	49.56	100.19	0.4946503
P-4	47.05	95.50	0.4926934
P-5	49.13	95.02	0.5170341
P-6	45.13	87.79	0.5140428
P-7	48.41	89.39	0.5415898
P-8	48.03	89.39	0.5373385
P-9	49.70	91.96	0.5404671
P-10	49.66	90.90	0.5463146
P-11	47.08	87.87	0.5357915
P-12	48.16	88.94	0.5414734
P-13	46.84	87.44	0.5357122
P-14	45.42	84.92	0.5348831
P-15	48.47	88.94	0.5449588
P-16	43.89	87.87	0.4994879
P-17	50.25	89.39	0.5621749
P-18	46.91	86.41	0.5429053
P-19	48.43	87.44	0.5538972
P-20	44.71	89.39	0.5001958
P-21	43.89	87.44	0.5019729
P-22	47.44	88.50	0.5360452
P-23	45.42	87.46	0.5193224
P-24	46.91	89.39	0.5248084
P-25	48.97	91.96	0.5325286
P-26	45.42	89.39	0.5081389
P-27	49.66	87.46	0.5678016
P-28	49.13	89.39	0.5496448
P-29	48.97	89.39	0.5478548
P-30	43.89	89.39	0.4910220



# Probeta	Peso Seco (gr)	volumen (cm ³)	Densidad Básica (g/cm ³)
P-31	49.70	87.90	0.5654458
P-32	46.91	88.50	0.5300565
P-33	44.71	95.02	0.4705189
P-34	48.97	89.39	0.5478548
P-35	48.41	89.39	0.5415898
P-36	48.73	86.41	0.5639687
P-37	48.97	91.96	0.5325286
P-38	44.71	95.02	0.4705189
P-39	46.91	88.50	0.5300565
P-40	49.70	87.90	0.5654458
# Probeta			Peso Seco (gr)

Fuente: Elaboración propia.

$$X \text{ promedio } (\mu) = \frac{\Sigma}{N(\text{cantidad de muestras})}$$

Tabla N° 27 Media, desviación estándar y Chauvenet de densidad básica.

# Probeta	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
P-1	0.023810	0.000567	0.961135	OK
P-2	-0.000529	0.000000	0.021359	OK
P-3	-0.035771	0.001280	1.443956	OK
P-4	-0.037728	0.001423	1.522949	OK
P-5	-0.013387	0.000179	0.540401	OK
P-6	-0.016379	0.000268	0.661149	OK
P-7	0.011168	0.000125	0.450824	OK
P-8	0.006917	0.000048	0.279216	OK
P-9	0.010046	0.000101	0.405505	OK
P-10	0.015893	0.000253	0.641551	OK
P-11	0.005370	0.000029	0.216770	OK
P-12	0.011052	0.000122	0.446129	OK
P-13	0.005291	0.000028	0.213570	OK
P-14	0.004462	0.000020	0.180101	OK



# Probeta	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
P-15	0.014537	0.000211	0.586822	OK
P-16	-0.030934	0.000957	1.248679	OK
P-17	0.031753	0.001008	1.281772	OK
P-18	0.012484	0.000156	0.503926	OK
P-19	0.023476	0.000551	0.947632	OK
P-20	-0.030226	0.000914	1.220103	OK
P-21	-0.028449	0.000809	1.148368	OK
P-22	0.005624	0.000032	0.227010	OK
P-23	-0.011099	0.000123	0.448031	OK
P-24	-0.005613	0.000032	0.226579	OK
P-25	0.002107	0.000004	0.085058	OK
P-26	-0.022283	0.000497	0.899466	OK
P-27	0.037380	0.001397	1.508904	OK
P-28	0.019223	0.000370	0.775978	OK
P-29	0.017433	0.000304	0.703721	OK
P-30	-0.039399	0.001552	1.590417	OK
P-31	0.035024	0.001227	1.413808	OK
P-32	-0.000365	0.000000	0.014732	OK
P-33	-0.059903	0.003588	2.418054	ELIMINAR
P-34	0.017433	0.000304	0.703721	OK
P-35	0.011168	0.000125	0.450824	OK
P-36	0.033547	0.001125	1.354184	OK
P-37	0.002107	0.000004	0.085058	OK
P-38	-0.059903	0.003588	2.418054	ELIMINAR
P-39	-0.000365	0.000000	0.014732	OK
P-40	0.035024	0.001227	1.413808	OK

Se calcula la desviación estándar (Sr) y el coeficiente de variación (Cvr) para las 40 de probetas de densidad básica y se les aplico el criterio de Chauvenet.

$$Sr = \sqrt{\frac{\Sigma(Xi - \mu)^2}{N}}$$

N = Numero de datos.

μ = Media aritmética.



Tabla N° 28 Valores de Promedios aritmético de Densidad Básica corregidos 1

# Probeta	Peso Seco (gr)	volumen (cm ³)	Densidad Básica (g/cm ³)	# Probeta	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
P-1	49.54	89.39	0.5542317	P-1	-0.019197	0.000369	0.419852	OK
P-2	48.97	92.42	0.5298923	P-2	-0.043536	0.001895	0.952175	OK
P-3	49.56	100.19	0.4946503	P-3	-0.078778	0.006206	1.722948	OK
P-4	47.05	95.50	0.4926934	P-4	-0.080735	0.006518	1.765747	OK
P-5	49.13	95.02	0.5170341	P-5	-0.056395	0.003180	1.233395	OK
P-6	45.13	87.79	0.5140428	P-6	-0.059386	0.003527	1.298818	OK
P-7	48.41	89.39	0.5415898	P-7	-0.031839	0.001014	0.696342	OK
P-8	48.03	89.39	0.5373385	P-8	-0.036090	0.001302	0.789321	OK
P-9	49.70	91.96	0.5404671	P-9	-0.032962	0.001086	0.720896	OK
P-10	49.66	90.90	0.5463146	P-10	-0.027114	0.000735	0.593005	OK
P-11	47.08	87.87	0.5357915	P-11	-0.037637	0.001417	0.823155	OK
P-12	48.16	88.94	0.5414734	P-12	-0.031955	0.001021	0.698886	OK
P-13	46.84	87.44	0.5357122	P-13	-0.037716	0.001423	0.824888	OK
P-14	45.42	84.92	0.5348831	P-14	-0.038546	0.001486	0.843022	OK
P-15	48.47	88.94	0.5449588	P-15	-0.028470	0.000811	0.622658	OK
P-16	43.89	87.87	0.4994879	P-16	-0.073941	0.005467	1.617145	OK
P-17	50.25	89.39	0.5621749	P-17	-0.011254	0.000127	0.246129	OK
P-18	46.91	86.41	0.5429053	P-18	-0.030523	0.000932	0.667571	OK
P-19	48.43	87.44	0.5538972	P-19	-0.019531	0.000381	0.427169	OK
P-20	44.71	89.39	0.5001958	P-20	-0.073233	0.005363	1.601663	OK
P-21	43.89	87.44	0.5019729	P-21	-0.071456	0.005106	1.562796	OK



# Probeta	Peso Seco (gr)	volumen (cm ³)	Densidad Básica (g/cm ³)	# Probeta	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
P-22	47.44	88.50	0.5360452	P-22	-0.037383	0.001398	0.817606	OK
P-23	45.42	87.46	0.5193224	P-23	-0.054106	0.002927	1.183348	OK
P-24	46.91	89.39	0.5248084	P-24	-0.048620	0.002364	1.063364	OK
P-25	48.97	91.96	0.5325286	P-25	-0.040900	0.001673	0.894517	OK
P-26	45.42	89.39	0.5081389	P-26	-0.065290	0.004263	1.427939	OK
P-27	49.66	87.46	0.5678016	P-27	-0.005627	0.000032	0.123067	OK
P-28	49.13	89.39	0.5496448	P-28	-0.023784	0.000566	0.520172	OK
P-29	48.97	89.39	0.5478548	P-29	-0.025574	0.000654	0.559321	OK
P-30	43.89	89.39	0.4910220	P-30	-0.082407	0.006791	1.802301	OK
P-31	49.70	87.90	0.5654458	P-31	-0.007983	0.000064	0.174591	OK
P-32	46.91	88.50	0.5300565	P-32	-0.043372	0.001881	0.948584	OK
P-33				P-33				
P-34	48.97	89.39	0.5478548	P-34	-0.025574	0.000654	0.559321	OK
P-35	48.41	89.39	0.5415898	P-35	-0.031839	0.001014	0.696342	OK
P-36	48.73	86.41	0.5639687	P-36	-0.009460	0.000089	0.206895	OK
P-37	48.97	91.96	0.5325286	P-37	-0.040900	0.001673	0.894517	OK
P-38				P-38				
P-39	46.91	88.50	0.5300565	P-39	-0.043372	0.001881	0.948584	OK
P-40	49.70	87.90	0.5654458	P-40	-0.007983	0.000064	0.174591	OK
Sumatoria Σ =			20.2758206	Sumatoria Σ =		0.07735		
X Promedio (μ) =			0.5479952	Sr =		0.04572		

Fuente: Elaboración propia.



Para escoger el dato representativo de la muestra se aplicó la distribución estadística de Student (t) especial para pequeñas muestras, esta función se encuentra tabulada en el anexo.

El Percentil 5% equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t) y está dado por la siguiente fórmula:

$$\mu \pm t_{0.95} \left(\frac{S}{\sqrt{N-1}} \right)$$

$$N = 38$$

$$\mu = 0.5479952$$

$$S = 0.04572$$

$$V = 37$$

$$t_{0.95} = 1.69$$

Se escoge el límite inferior, y con $V=N-1$ y $t_{0.95}$ entramos a la tabulación de la función (t) en el anexo y encontramos

$$0.548 \pm 1.69 \left(\frac{0.04572}{\sqrt{37}} \right)$$

$$\text{PER 5\%} = 0.535 \text{ Kg/cm}^2$$

Análisis: Para el ensayo de Densidad básica, se puede observar a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), alcanzo los **0.535 Kg/cm²**.

3.1.2 Cizallamiento paralelo al grano

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Resistencia cizallamiento} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{P}{A}$$

P = Es la carga máxima soportada por la probeta en kilogramos.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

En la probeta N°1 se obtuvo como resultado la densidad básica:

$$\text{Resistencia cizallamiento} = \frac{1835.42 \text{ Kg}}{23.74 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Resistencia cizallamiento} = 77.33 \text{ Kg/cm}^2$$



Tabla N° 29 Análisis de datos de Cizallamiento Paralelo al grano.

# Probeta	H (cm)	E (cm)	A (cm ²)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resist. Cizalla. (kg/cm ²)
P-1	5.05	4.70	23.74	112.70	10%	18.00	1835.42	77.33
P-2	5.05	5.00	25.25	112.00	10%	20.00	2039.36	80.77
P-3	5.10	4.70	23.97	110.10	10%	21.00	2141.33	89.33
P-4	5.00	5.05	25.25	107.30	10%	22.00	2243.30	88.84
P-5	5.05	4.65	23.48	111.20	8%	20.50	2090.34	89.02
P-6	5.05	4.95	25.00	113.40	10%	17.00	1733.46	69.35
P-7	5.05	4.95	25.00	112.30	10%	19.00	1937.39	77.50
P-8	5.05	4.70	23.74	113.10	9%	18.00	1835.42	77.33
P-9	5.00	5.00	25.00	108.70	9%	17.00	1733.46	69.34
P-10	5.00	4.75	23.75	115.50	9%	20.00	2039.36	85.87
P-11	5.05	4.73	23.89	111.30	10%	19.00	1937.39	81.11
P-12	4.95	4.70	23.27	111.50	9%	22.00	2243.30	96.42
P-13	5.00	4.95	24.75	111.90	9%	14.50	1478.54	59.74
P-14	5.00	4.70	23.50	111.50	9%	18.00	1835.42	78.10
P-15	5.03	4.95	24.90	110.90	10%	17.50	1784.44	71.67
P-16	5.00	4.73	23.65	110.40	10%	16.00	1631.49	68.98
P-17	4.95	4.65	23.02	111.30	9%	24.00	2447.23	106.32
P-18	5.10	4.70	23.97	111.60	9%	22.50	2294.28	95.71
P-19	5.05	4.70	23.74	114.50	10%	25.00	2549.20	107.40
P-20	5.00	4.90	24.50	115.32	8%	18.50	1886.41	77.00
P-21	5.00	4.95	24.75	113.50	10%	17.00	1733.46	70.04
P-22	4.95	4.95	24.50	110.24	9%	20.00	2039.36	83.23
P-23	5.05	4.75	23.99	109.14	8%	19.00	1937.39	80.77
P-24	5.00	4.90	24.50	113.41	7%	20.50	2090.34	85.32
P-25	5.10	4.95	25.25	108.50	8%	22.00	2243.30	88.86
P-26	4.90	4.90	24.01	111.41	9%	19.00	1937.39	80.69
P-27	5.05	4.85	24.49	112.43	10%	20.50	2090.34	85.35
P-28	5.00	4.95	24.75	115.76	11%	21.00	2141.33	86.52
P-29	4.95	5.00	24.75	112.43	9%	23.00	2345.26	94.76
P-30	5.00	4.95	24.75	111.54	8%	17.50	1784.44	72.10
P-31	5.00	4.95	24.75	110.40	10%	16.00	1631.49	65.92
P-32	5.05	4.65	23.48	111.30	8%	18.50	1886.41	80.33
P-33	5.10	4.73	24.12	111.60	9%	24.00	2447.23	101.45
P-34	5.05	4.70	23.74	114.50	9%	25.00	2549.20	107.40
P-35	5.00	4.80	24.00	115.32	9%	21.50	2192.31	91.35
P-36	4.95	5.00	24.75	114.23	10%	18.00	1835.42	74.16
P-37	5.00	5.00	25.00	109.43	11%	20.00	2039.36	81.57
P-38	5.05	4.90	24.75	108.54	8%	21.00	2141.33	86.54



# Probeta	H (cm)	E (cm)	A (cm ²)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)	Resist. Cizalla. (kg/cm ²)
P-39	5.10	5.00	25.50	110.65	7%	18.00	1835.42	71.98
P-40	5.10	4.90	24.99	111.54	9%	20.00	2039.36	81.61

Fuente: Elaboración propia.

Aplicamos el criterio de Chauvenet como se observa en el siguiente cuadro

Tabla N° 30 Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Cizallamiento Paralelo al grano.

# Probeta	Resist. Cizalla. (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	77.33	-5.60	31.32	0.500	OK
2	80.77	-2.16	4.67	0.193	OK
3	89.33	6.41	41.05	0.572	OK
4	88.84	5.92	35.01	0.528	OK
5	89.02	6.09	37.09	0.544	OK
6	69.35	-13.58	184.46	1.213	OK
7	77.50	-5.42	29.41	0.484	OK
8	77.33	-5.60	31.32	0.500	OK
9	69.34	-13.59	184.65	1.214	OK
10	85.87	2.94	8.65	0.263	OK
11	81.11	-1.82	3.31	0.162	OK
12	96.42	13.50	182.17	1.205	OK
13	59.74	-23.19	537.68	2.071	ELIMINAR
14	78.10	-4.82	23.27	0.431	OK
15	71.67	-11.26	126.74	1.005	OK
16	68.98	-13.94	194.38	1.245	OK
17	106.32	23.39	547.27	2.089	ELIMINAR
18	95.71	12.79	163.53	1.142	OK
19	107.40	24.48	599.07	2.186	ELIMINAR
20	77.00	-5.93	35.17	0.530	OK
21	70.04	-12.89	166.10	1.151	OK
22	83.23	0.30	0.09	0.027	OK
23	80.77	-2.16	4.67	0.193	OK
24	85.32	2.39	5.73	0.214	OK



# Probeta	Resist. Cizalla. (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	# Probeta
25	88.86	5.93	35.22	0.530	OK
26	80.69	-2.24	5.00	0.200	OK
27	85.35	2.42	5.85	0.216	OK
28	86.52	3.59	12.90	0.321	OK
29	94.76	11.83	139.98	1.057	OK
30	72.10	-10.83	117.25	0.967	OK
31	65.92	-17.01	289.27	1.519	OK
32	80.33	-2.59	6.73	0.232	OK
33	101.45	18.52	343.04	1.654	OK
34	107.40	24.48	599.07	2.186	ELIMINAR
35	91.35	8.42	70.89	0.752	OK
36	74.16	-8.77	76.88	0.783	OK
37	81.57	-1.35	1.83	0.121	OK
38	86.54	3.61	13.03	0.322	OK
39	71.98	-10.95	119.89	0.978	OK
40	81.61	-1.32	1.74	0.118	OK
Σ	3317.07	Σ	5015.3644		
X prom (μ)	82.93	Sr	11.197505		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se calculó la desviación estándar (Sr) y se les aplicó el criterio de Chauvenet.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \mu)^2}{N}}$$

N = Numero de datos.

μ = Media aritmética.

$$S = 11.198$$

$$CV = \frac{S}{\mu}$$

$$CV = 0.135$$

Se descartaron los datos mayores a 2.00



Tabla N° 31 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Cizallamiento Paralelo al grano 1.

# Probeta	Esf de Rotu (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	77.33	-4.23	17.90	0.492	OK
2	80.77	-0.79	0.63	0.092	OK
3	89.33	7.77	60.41	0.903	OK
4	88.84	7.28	53.03	0.846	OK
5	89.02	7.46	55.59	0.867	OK
6	69.35	-12.22	149.23	1.420	OK
7	77.50	-4.06	16.47	0.472	OK
8	77.33	-4.23	17.90	0.492	OK
9	69.34	-12.22	149.40	1.421	OK
10	85.87	4.31	18.55	0.501	OK
11	81.11	-0.45	0.21	0.053	OK
12	96.42	14.86	220.89	1.727	OK
13					
14	78.10	-3.46	11.96	0.402	OK
15	71.67	-9.89	97.86	1.150	OK
16	68.98	-12.58	158.17	1.462	OK
17					
18	95.71	14.15	200.32	1.645	OK
19					
20	77.00	-4.56	20.84	0.531	OK
21	70.04	-11.52	132.77	1.339	OK
22	83.23	1.67	2.79	0.194	OK
23	80.77	-0.79	0.63	0.092	OK
24	85.32	3.76	14.13	0.437	OK
25	88.86	7.30	53.29	0.848	OK
26	80.69	-0.87	0.76	0.101	OK
27	85.35	3.79	14.33	0.440	OK
28	86.52	4.96	24.57	0.576	OK
29	94.76	13.20	174.16	1.534	OK
30	72.10	-9.46	89.54	1.100	OK
31	65.92	-15.64	244.69	1.818	OK
32	80.33	-1.23	1.51	0.143	OK
33	101.45	19.89	395.49	2.311	ELIMINAR
34					



# Probeta	Esf de Rotu (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	# Probeta
35	91.35	9.79	95.75	1.137	OK
36	74.16	-7.40	54.80	0.860	OK
37	81.57	0.01	0.00	0.002	OK
38	86.54	4.97	24.75	0.578	OK
39	71.98	-9.58	91.85	1.114	OK
40	81.61	0.05	0.00	0.005	OK
Σ	2936.202296	Σ	2665.15545		
X prom (μ)	81.56117489	Sr	8.6041906		

Fuente: Elaboración propia.

Como se siguió obteniendo datos mayores a 2.00 se prosigió con el criterio de Chauvenet.

Tabla N° 32 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Cizallamiento Paralelo al grano 2.

# Probeta	Esf de Rotu (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	77.33	-3.66	13.42	0.46	OK
2	80.77	-0.23	0.05	0.03	OK
3	89.33	8.34	69.57	1.04	OK
4	88.84	7.85	61.63	0.98	OK
5	89.02	8.02	64.39	1.00	OK
6	69.35	-11.65	135.67	1.45	OK
7	77.50	-3.49	12.18	0.43	OK
8	77.33	-3.66	13.42	0.46	OK
9	69.34	-11.65	135.83	1.45	OK
10	85.87	4.87	23.76	0.61	OK
11	81.11	0.12	0.01	0.01	OK
12	96.42	15.43	238.10	1.92	OK
13					
14	78.10	-2.89	8.35	0.36	OK
15	71.67	-9.32	86.94	1.16	OK
16	68.98	-12.01	144.20	1.49	OK
17					
18	95.71	14.72	216.73	1.83	OK
19					



# Probeta	Esf de Rotu (kg/cm2)	$(X_i - \mu)R$	$(X_i - \mu)R^2$	$ABS((X-u)/S) > 2.0$	# Probeta
20	77.00	-4.00	15.97	0.50	OK
21	70.04	-10.95	120.00	1.36	OK
22	83.23	2.24	5.01	0.28	OK
23	80.77	-0.23	0.05	0.03	OK
24	85.32	4.33	18.72	0.54	OK
25	88.86	7.87	61.91	0.98	OK
26	80.69	-0.30	0.09	0.04	OK
27	85.35	4.35	18.95	0.54	OK
28	86.52	5.53	30.53	0.69	OK
29	94.76	13.77	189.48	1.71	OK
30	72.10	-8.89	79.11	1.11	OK
31	65.92	-15.07	227.23	1.88	OK
32	80.33	-0.66	0.44	0.08	OK
33					
34					
35	91.35	10.35	107.19	1.29	OK
36	74.16	-6.83	46.71	0.85	OK
37	81.57	0.58	0.34	0.07	OK
38	86.54	5.54	30.72	0.69	OK
39	71.98	-9.02	81.28	1.12	OK
40	81.61	0.61	0.38	0.08	OK
Σ	2834.75	Σ	2258.37		
X prom (μ)	80.99	Sr	8.03		

Fuente: Elaboración propia.

Para escoger el dato representativo de la muestra se aplicó la distribución estadística de Student (t) especial para pequeñas muestras, esta función se encuentra tabulada en el anexo.

El Percentil 5% equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t) y está dado por la siguiente fórmula:

Xprom (μ)	80.9929782	Sr	8.032732247
CV		0.099178132	

N	35	V=N-1	34
t_{0.95}	1.69		



Se escoge el límite inferior, y con $V=N-1$ y $t_{0.95}$ entramos a la tabulación de la función (t) en el anexo y encontramos

Per 5% Resistencia cizallamiento =	
$\mu \pm t_{0.95} \left(\frac{S}{\sqrt{N-1}} \right)$	83.321

La Norma Técnica Peruana E.010, indica que para hallar los esfuerzos admisibles se utiliza una serie de coeficientes dependiendo al tipo de ensayo,

	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C.	0.80	-	-	-
F.T.	0.90	-	-	-
F.S.	2.00	1.60	4.00	1.60
F.D.C	1.15	1.25	-	-

Esfuerzo admisible (Kg/cm²) =	
$\frac{F.C. \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times \text{Esfuerzo basico}$	20.830 Kg/cm²
F.C.	-
F.T.	-
F.S.	4.00
F.D.C	-

Análisis: Para el ensayo de Cizalladura paralelo al grano, se puede observar a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), alcanzo los **20.830 Kg/cm²**.



3.1.3 Compresión paralela o axial al grano.

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'}{A}$$

P' = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

En la probeta N°1:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional} = \frac{2751.00 \text{ Kg}}{25.76 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Esfuerzo al limite proporcional} = 106.81 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia maxima por compresion axial } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P}{A}$$

P = Es la carga máxima soportada por la probeta en kilogramos.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

En la probeta N°1:

$$\text{Resistencia maxima por compresion axial} = \frac{3730.00 \text{ Kg}}{25.76 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Resistencia maxima por compresion axial} = 144.83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo de elasticidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'L}{AD}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

En la probeta N°1:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{2751 \times 19.95}{25.76 \times 0.23}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 9426.45 \text{ Kg/cm}^2$$



Tabla N° 33 Análisis de Datos de Compresión Axial o Paralela al grano.

# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (Kg)	P'	Dl (cm)
P-1	19.95	5.05	5.10	25.76	430.18	15.00	3730.00	2751.00	0.23
P-2	20.00	5.05	5.05	25.50	466.39	17.00	4460.00	2701.00	0.26
P-3	20.05	5.00	5.05	25.25	446.15	15.00	6890.00	3987.00	0.23
P-4	19.95	5.05	5.05	25.50	449.81	17.00	5340.00	2654.00	0.19
P-5	19.90	5.00	5.10	25.50	431.72	14.00	6220.00	2861.00	0.18
P-6	20.00	5.05	5.05	25.50	452.30	16.00	5630.00	2543.00	0.10
P-7	20.10	5.00	5.05	25.25	441.62	18.00	5230.00	3853.00	0.13
P-8	19.95	5.00	5.00	25.00	443.38	15.00	6370.00	2834.00	0.12
P-9	20.05	5.05	5.00	25.25	448.45	16.00	6560.00	2853.00	0.12
P-10	20.10	5.05	5.10	25.76	438.10	15.00	4150.00	1923.00	0.14
P-11	20.00	5.00	5.10	25.50	444.26	16.00	4150.00	2262.00	0.14
P-12	19.90	5.00	5.05	25.25	443.19	15.00	6290.00	3042.00	0.15
P-13	20.05	5.05	5.05	25.50	457.38	16.00	5660.00	2845.00	0.14
P-14	20.10	5.05	4.95	25.00	433.41	15.00	6540.00	3785.00	0.12
P-15	19.95	5.00	5.05	25.25	456.34	16.00	6880.00	2844.00	0.12
P-16	20.05	5.10	5.05	25.76	453.87	17.00	5800.00	1985.00	0.17
P-17	19.95	5.10	5.05	25.76	443.52	17.00	5430.00	2576.00	0.14
P-18	20.00	5.05	5.00	25.25	448.89	15.00	5220.00	3014.00	0.12
P-19	20.00	5.05	5.05	25.50	439.20	15.00	6090.00	2751.00	0.10
P-20	20.00	4.95	5.05	25.00	433.75	12.00	5500.00	2531.00	0.10
P-21	19.95	4.95	5.00	24.75	454.64	16.00	6880.00	2684.00	0.13
P-22	20.05	5.05	5.05	25.50	457.38	16.00	5800.00	2947.00	0.10
P-23	20.00	4.95	5.05	25.00	433.75	12.00	5430.00	2908.00	0.13
P-24	19.95	5.00	5.00	25.00	443.38	15.00	5220.00	2731.00	0.11
P-25	20.00	5.00	5.10	25.50	444.26	16.00	6100.00	2761.00	0.13
P-26	19.90	5.00	5.05	25.25	443.19	15.00	5890.00	2924.00	0.15
P-27	19.50	5.00	5.10	25.50	444.26	16.00	5200.00	2531.00	0.12
P-28	20.10	5.05	4.95	25.00	433.41	15.00	6220.00	3321.00	0.11
P-29	19.95	4.95	5.00	24.75	454.64	16.00	5630.00	2645.00	0.12
P-30	20.10	5.00	5.05	25.25	441.62	18.00	5230.00	3365.00	0.13
P-31	19.95	5.00	5.00	25.00	443.38	15.00	6370.00	3994.00	0.14
P-32	20.05	5.05	5.00	25.25	448.45	16.00	6560.00	3001.00	0.13
P-33	20.00	5.05	5.05	25.50	452.30	16.00	4150.00	2135.00	0.11
P-34	19.50	5.05	5.05	25.50	452.30	16.00	4150.00	2951.00	0.10
P-35	20.00	5.00	5.00	25.00	461.66	17.00	5100.00	2103.00	0.14
P-36	20.05	5.05	5.00	25.25	451.76	18.00	5010.00	1985.00	0.11
P-37	19.95	5.05	5.10	25.76	430.18	15.00	4890.00	1952.00	0.11



# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (Kg)	P'	DI (cm)
P-38	20.00	5.05	5.05	25.50	466.39	17.00	6370.00	3125.00	0.14
P-39	20.00	5.05	5.05	25.50	452.30	16.00	6560.00	3421.00	0.15
P-40	19.95	5.00	4.95	24.75	463.25	17.00	4150.00	2503.00	0.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 34 Datos de la Resistencia máxima a compresión, E. L. P. y M.O.E.

# Probeta	Resist. Max. Por compre. axial (kg/cm ²)	Esf Lim Prop (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
1	144.8262	106.8142	9426.4510
2	174.8848	105.9112	8222.9181
3	272.8713	157.9010	14042.6474
4	209.3912	104.0682	10915.6738
5	243.9216	112.1961	12173.9474
6	220.7627	99.7157	20774.1071
7	207.1287	152.5941	22793.1735
8	254.8000	113.3600	18846.1000
9	259.8020	112.9901	18340.7666
10	161.1338	74.6651	11081.5091
11	162.7451	88.7059	13099.8866
12	249.1089	120.4752	15537.6372
13	221.9390	111.5577	15641.4804
14	261.6262	151.4151	24663.2443
15	272.4752	112.6337	18188.7776
16	225.1990	77.0724	9209.1888
17	210.8328	100.0194	14386.3540
18	206.7327	119.3663	20687.4067
19	238.8001	107.8718	21081.0587
20	220.0220	101.2501	21137.8132
21	277.9798	108.4444	16389.8990
22	227.4287	115.5573	23031.0520
23	217.2000	116.3200	17285.5324
24	208.8000	109.2400	20291.7877
25	239.2157	108.2745	16943.0420
26	233.2673	115.8020	15851.2822
27	203.9216	99.2549	16264.4587
28	248.8249	132.8533	23485.9370
29	227.4747	106.8687	18253.6841
30	207.1287	133.2673	20447.8875



# Probeta	Resist. Max. Por compre. axial (kg/cm ²)	Esf Lim Prop (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
31	254.8000	159.7600	23028.9884
32	259.8020	118.8515	18544.5313
33	162.7291	83.7173	15648.0902
34	162.7291	115.7141	22407.4066
35	204.0000	84.1200	12191.3043
36	198.4158	78.6139	13850.6847
37	189.8660	75.7911	14157.6088
38	249.7794	122.5370	18100.0009
39	257.2297	134.1437	17650.4883
40	167.6768	101.1313	16197.5730
Σ	8817.2728	4450.845718	680271.3808
X prom (μ)	220.43182	111.2711429	17006.78452

Fuente: Elaboración propia.

Aplicamos el criterio de Chauvenet para los datos de Resistencia máxima por compresión axial.

Tabla N° 35 Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión axial o Paralelo al grano.

# Probeta	Resist. Max. Por compre. axial (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	144.8262	-75.61	5716.20	2.17701851	ELIMINAR
2	174.8848	-45.55	2074.53	1.31149952	OK
3	272.8713	52.44	2749.90	1.50996397	OK
4	209.3912	-11.04	121.89	0.31790719	OK
5	243.9216	23.49	551.77	0.67637365	OK
6	220.7627	0.33	0.11	0.00952664	OK
7	207.1287	-13.30	176.97	0.38305524	OK
8	254.8000	34.37	1181.17	0.98961176	OK
9	259.8020	39.37	1550.01	1.13364087	OK
10	161.1338	-59.30	3516.26	1.70745315	OK
11	162.7451	-57.69	3327.76	1.66105562	OK
12	249.1089	28.68	822.38	0.82574016	OK
13	221.9390	1.51	2.27	0.04339911	OK
14	261.6262	41.19	1696.97	1.18616714	OK
15	272.4752	52.04	2708.52	1.49856024	OK



# Probeta	Resist. Max. Por compre. axial (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X- u)/S)>2.0	# Probeta
16	225.1990	4.77	22.73	0.1372679	OK
17	210.8328	-9.60	92.14	0.27639682	OK
18	206.7327	-13.70	187.67	0.39445897	OK
19	238.8001	18.37	337.39	0.52890445	OK
20	220.0220	-0.41	0.17	0.01180047	OK
21	277.9798	57.55	3311.77	1.65706057	OK
22	227.4287	7.00	48.96	0.20147061	OK
23	217.2000	-3.23	10.44	0.09305838	OK
24	208.8000	-11.63	135.30	0.33493149	OK
25	239.2157	18.78	352.83	0.54087051	OK
26	233.2673	12.84	164.75	0.36959095	OK
27	203.9216	-16.51	272.59	0.47540309	OK
28	248.8249	28.39	806.17	0.81756173	OK
29	227.4747	7.04	49.60	0.202797	OK
30	207.1287	-13.30	176.97	0.38305524	OK
31	254.8000	34.37	1181.17	0.98961176	OK
32	259.8020	39.37	1550.01	1.13364087	OK
33	162.7291	-57.70	3329.60	1.661515	OK
34	162.7291	-57.70	3329.60	1.661515	OK
35	204.0000	-16.43	270.00	0.4731447	OK
36	198.4158	-22.02	484.70	0.6339373	OK
37	189.8660	-30.57	934.27	0.88012371	OK
38	249.7794	29.35	861.28	0.84504746	OK
39	257.2297	36.80	1354.08	1.05957308	OK
40	167.6768	-52.76	2783.10	1.51905106	OK
Σ	8817.2728	Σ	48244.00619		
Xprom (μ)	220.43182	Xprom (μ)	34.72895269		
		CVr	0.157549635		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla N° 36 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Compresión Axial o Paralelo al grano 1.

# Probeta	Resist. Max. Por compre. axial (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1					
2	174.8848	-47.11	2218.99	1.416372634	OK
3	272.8713	50.88	2588.81	1.529854975	OK
4	209.3912	-12.60	158.75	0.378844003	OK
5	243.9216	21.93	480.95	0.659403593	OK
6	220.7627	-1.23	1.51	0.036931159	OK
7	207.1287	-14.86	220.89	0.446872869	OK
8	254.8000	32.81	1076.43	0.986492978	OK
9	259.8020	37.81	1429.67	1.136891006	OK
10	161.1338	-60.86	3703.60	1.829835191	OK
11	162.7451	-59.25	3510.07	1.781385979	OK
12	249.1089	27.12	735.38	0.815375031	OK
13	221.9390	-0.05	0.00	0.001560865	OK
14	261.6262	39.64	1570.95	1.191739971	OK
15	272.4752	50.48	2548.67	1.517946976	OK
16	225.1990	3.21	10.29	0.096458774	OK
17	210.8328	-11.16	124.50	0.335498054	OK
18	206.7327	-15.26	232.81	0.458780868	OK
19	238.8001	16.81	282.55	0.505413353	OK
20	220.0220	-1.97	3.88	0.059201344	OK
21	277.9798	55.99	3134.75	1.683456134	OK
22	227.4287	5.44	29.57	0.163500509	OK
23	217.2000	-4.79	22.95	0.144052453	OK
24	208.8000	-13.19	174.00	0.396621113	OK
25	239.2157	17.22	296.69	0.517908545	OK
26	233.2673	11.28	127.16	0.339055069	OK
27	203.9216	-18.07	326.50	0.543304312	OK
28	248.8249	26.83	720.06	0.806834951	OK
29	227.4747	5.48	30.07	0.164885547	OK
30	207.1287	-14.86	220.89	0.446872869	OK
31	254.8000	32.81	1076.43	0.986492978	OK
32	259.8020	37.81	1429.67	1.136891006	OK
33	162.7291	-59.26	3511.96	1.781865674	OK
34	162.7291	-59.26	3511.96	1.781865674	OK
35	189.2000	-32.79	1075.25	0.985947986	OK
36	198.4158	-23.58	555.79	0.708848848	OK
37	189.8660	-32.12	1032.01	0.965921534	OK



# Probeta	Resist. Max. Por compre. axial (kg/cm ²)	(Xi-μ)R	(Xi-μ)R ²	ABS((X-u)/S)>2.0	# Probeta
38	249.7794	27.79	772.20	0.835536099	OK
39	257.2297	35.24	1241.77	1.059547962	OK
40	167.6768	-54.31	2950.03	1.633102028	OK
Σ	8657.64655	Σ	43138.4224		
Xprom (μ)	221.990937	Xprom (μ)	33.2582831		
		CVr	0.1498182		

Fuente: Elaboración propia.

Para escoger el dato representativo de la muestra se aplicó la distribución estadística de Student (t) especial para pequeñas muestras, esta función se encuentra tabulada en el anexo.

El Percentil 5% equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t) y está dado por la siguiente fórmula:

Xprom (μ)	221.991	Sr	33.258
CV		0.1498	

N	39	V=N-1	38
t0.95	1.69		

Se escoge el límite inferior, y con V=N-1 y t 0.95 entramos a la tabulación de la función (t) en el anexo y encontramos

Per 5% =	
$\mu \pm t_{0.95} \left(\frac{S}{\sqrt{N-1}} \right)$	231.109

La Norma Técnica Peruana E.010, indica que para hallar los esfuerzos admisibles se utiliza una serie de coeficientes dependiendo al tipo de ensayo,



	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C.	0.80	-	-	-
F.T.	0.90	-	-	-
F.S.	2.00	1.60	4.00	1.60
F.D.C	1.15	1.25	-	-

Esfuerzo admisible (Kg/cm²) =	
$\frac{F.C. \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times \text{Esfuerzo basico}$	115.55 Kg/cm²
F.C.	-
F.T.	-
F.S.	1.60
F.D.C	1.25

Análisis: Para el ensayo de Compresión paralela al grano, se puede observar a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), alcanzo los **111.02 Kg/cm²**.

3.1.4 Compresión perpendicular al grano.

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcinal} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{P'}{A}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

En la probeta N°1:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcinal} = \frac{2834.00 \text{ Kg}}{24.50 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Esfuerzo al limite proporcinal} = 115.67 \text{ Kg/cm}^2$$



Tabla N° 37 Análisis de los Datos de Compresión Perpendicular.

# Probt	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Hum e. %	Carga (Kg)	P'	DI (cm)	ELP (kg/cm ²)
P-1	14.90	4.90	5.00	24.50	319.41	0.15	6690.00	2725.00	0.10	111.2245
P-2	14.90	4.90	5.00	24.50	304.8	0.15	11760.00	2904.53	0.27	118.5522
P-3	15.00	5.05	5.10	25.76	251.74	0.17	26990.00	2155.12	0.38	83.6776
P-4	15.00	4.95	5.05	25.00	336.49	0.16	8250.00	2290.85	0.24	91.6430
P-5	14.95	5.10	5.00	25.50	332.73	0.16	10170.00	1636.22	0.25	64.1655
P-6	14.95	5.05	5.00	25.25	349.60	0.18	8250.00	2083.21	0.26	82.5032
P-7	14.90	5.05	5.00	25.25	322.69	0.16	24350.00	1828.61	0.23	72.4200
P-8	15.00	5.00	5.10	25.50	339.29	0.17	14720.00	2066.92	0.37	81.0558
P-9	14.90	4.90	5.00	24.50	331.07	0.16	22580.00	1677.25	0.38	68.4593
P-10	15.00	4.95	5.01	24.80	342.47	0.17	15580.00	1835.94	0.37	74.0312
P-11	15.00	5.10	5.10	26.01	341.40	0.18	17030.00	1985.93	0.25	76.3525
P-12	15.00	5.00	5.10	25.50	348.02	0.19	10840.00	1788.19	0.33	70.1252
P-13	14.90	4.00	5.00	20.00	318.43	0.15	14080.00	1165.23	0.24	58.2617
P-14	14.90	5.00	5.05	25.25	328.67	0.15	18630.00	1781.47	0.42	70.5533
P-15	14.80	4.90	5.00	24.50	289.90	0.13	14080.00	1707.95	0.43	69.7120
P-16	15.00	4.90	5.00	24.50	326.35	0.19	9410.00	1815.20	0.35	74.0898
P-17	14.90	4.90	5.10	24.99	313.24	0.15	10840.00	1416.52	0.24	56.6835
P-18	15.00	5.00	5.10	25.50	330.44	0.19	11443.00	2487.17	0.28	97.5362
P-19	15.00	5.00	5.10	25.50	349.30	0.18	10840.00	1217.06	0.24	47.7279
P-20	15.00	5.00	5.10	25.50	340.32	0.20	9410.00	1985.55	0.24	77.8647
P-21	15.00	4.95	5.10	25.25	329.45	0.20	12820.00	1594.94	0.26	63.1786
P-22	14.95	5.00	4.90	24.50	334.35	0.19	8942.00	1579.15	0.33	64.4551
P-23	15.00	4.95	5.00	24.75	375.54	0.17	9341.00	2301.18	0.34	92.9770
P-24	14.95	4.90	4.95	24.26	345.65	0.18	10431.00	1761.02	0.28	72.6043
P-25	14.95	5.00	5.00	25.00	353.45	0.17	15432.00	1683.00	0.37	67.3199
P-26	14.95	4.95	5.00	24.75	354.54	0.15	12346.00	1725.15	0.29	69.7030
P-27	14.90	4.90	5.05	24.75	315.33	0.15	9345.00	1925.30	0.28	77.8055
P-28	15.00	5.05	5.00	25.25	335.97	0.16	8345.00	2231.39	0.39	88.3719
P-29	15.00	5.10	5.00	25.50	356.78	0.16	12323.00	1668.37	0.46	65.4264
P-30	14.95	5.05	5.10	25.76	301.55	0.18	8245.00	2609.14	0.31	101.3063
P-31	14.95	4.95	5.05	25.00	289.54	0.17	11345.00	3028.72	0.30	121.1608
P-32	14.95	4.90	5.10	24.99	322.56	0.18	14453.00	2127.64	0.22	85.1397
P-33	14.95	5.00	4.95	24.75	315.33	0.16	10422.00	2651.65	0.32	107.1375
P-34	15.00	5.00	5.00	25.00	368.54	0.16	11534.00	1707.95	0.33	68.3178
P-35	14.95	5.05	5.00	25.25	360.05	0.20	13434.00	1769.32	0.33	70.0719
P-36	14.90	5.05	5.00	25.25	354.54	0.19	12435.00	1374.37	0.23	54.4305



# Probt	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Hum e. %	Carga (Kg)	P'	DI (cm)	ELP (kg/cm ²)
P-37	14.95	5.00	5.00	25.00	344.45	0.19	15540.00	1463.01	0.27	58.5204
P-38	14.90	5.10	5.00	25.50	369.1	0.18	9932.00	2470.51	0.24	96.8829
P-39	15.00	5.00	5.01	25.05	341.54	0.18	10599.00	1623.75	0.23	64.8204
P-40	14.95	5.10	5.10	26.01	365.53	0.20	11032.00	1518.60	0.35	58.3852

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 38 Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm ²)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	111.2245	33.8581386	1146.37	1.94883493	OK
2	118.5522	41.1858433	1696.27	2.37060906	ELIMINAR
3	83.6776	6.31126871	39.83	0.36326926	OK
4	91.6430	14.276616	203.82	0.82174535	OK
5	64.1655	-13.2008424	174.26	0.75982508	OK
6	82.5032	5.13686099	26.39	0.29567172	OK
7	72.4200	-4.94630916	24.47	0.28470378	OK
8	81.0558	3.68944612	13.61	0.21236021	OK
9	68.4593	-8.90701363	79.33	0.51267731	OK
10	74.0312	-3.33512069	11.12	0.19196565	OK
11	76.3525	-1.01389037	1.03	0.05835835	OK
12	70.1252	-7.24114445	52.43	0.41679182	OK
13	58.2617	-19.1046408	364.99	1.09964082	OK
14	70.5533	-6.81309162	46.42	0.3921536	OK
15	69.7120	-7.65430196	58.59	0.44057268	OK
16	74.0898	-3.27650658	10.74	0.18859189	OK
17	56.6835	-20.6828848	427.78	1.1904827	OK
18	97.5362	20.1698095	406.82	1.16095068	OK
19	47.7279	-29.6384956	878.44	1.70595721	OK
20	77.8647	0.49832072	0.25	0.02868276	OK
21	63.1786	-14.1877487	201.29	0.81663025	OK
22	64.4551	-12.9112687	166.70	0.74315755	OK
23	92.9770	15.6106631	243.69	0.89853154	OK
24	72.6043	-4.76206548	22.68	0.27409893	OK
25	67.3199	-10.0464214	100.93	0.57826029	OK
26	69.7030	-7.66333296	58.73	0.4410925	OK
27	77.8055	0.43912237	0.19	0.02527537	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
28	88.3719	11.0055354	121.12	0.63346577	OK
29	65.4264	-11.9399946	142.56	0.68725215	OK
30	101.3063	23.9399139	573.12	1.3779535	OK
31	121.1608	43.7944567	1917.95	2.5207578	ELIMINAR
32	85.1397	7.77339579	60.43	0.44742759	OK
33	107.1375	29.7711585	886.32	1.71359312	OK
34	68.3178	-9.04854294	81.88	0.52082357	OK
35	70.0719	-7.29446726	53.21	0.41986102	OK
36	54.4305	-22.9358661	526.05	1.32016168	OK
37	58.5204	-18.8459972	355.17	1.0847536	OK
38	96.8829	19.5165045	380.89	1.12334722	OK
39	64.8204	-12.5459919	157.40	0.72213265	OK
40	58.3852	-18.9811147	360.28	1.0925308	OK
Σ	3094.65405	Σ	12073.5793		
Xprom (μ)	77.3664	Xprom (μ)	17.3735282		
		CVlp	0.22456181		

Fuente: Elaboración propia.

Descartamos los valores mayores a 2.00

Tabla N° 39 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 1.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	111.2245	36.0944623	1302.81	2.44679621	ELIMINAR
2					
3	83.6776	8.54759239	73.06	0.57943006	OK
4	91.6430	16.5129396	272.68	1.1193905	OK
5	64.1655	-10.9645188	120.22	0.74327033	OK
6	82.5032	7.37318467	54.36	0.49981851	OK
7	72.4200	-2.70998548	7.34	0.18370636	OK
8	81.0558	5.9257698	35.11	0.40170015	OK
9	68.4593	-6.67068994	44.50	0.45219731	OK
10	74.0312	-1.09879701	1.21	0.07448601	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
11	76.3525	1.22243332	1.49	0.08286715	OK
12	70.1252	-5.00482077	25.05	0.33927023	OK
13	58.2617	-16.8683171	284.54	1.14348107	OK
14	70.5533	-4.57676793	20.95	0.31025309	OK
15	69.7120	-5.41797828	29.35	0.36727763	OK
16	74.0898	-1.0401829	1.08	0.07051263	OK
17	56.6835	-18.4465611	340.28	1.25046816	OK
18	97.5362	22.4061331	502.03	1.51888235	OK
19	47.7279	-27.4021719	750.88	1.85755726	OK
20	77.8647	2.7346444	7.48	0.18537795	OK
21	63.1786	-11.951425	142.84	0.81017141	OK
22	64.4551	-10.674945	113.95	0.72364051	OK
23	92.9770	17.8469868	318.51	1.2098238	OK
24	72.6043	-2.5257418	6.38	0.17121672	OK
25	67.3199	-7.81009775	61.00	0.52943627	OK
26	69.7030	-5.42700927	29.45	0.36788983	OK
27	77.8055	2.67544606	7.16	0.18136498	OK
28	88.3719	13.241859	175.35	0.89764824	OK
29	65.4264	-9.70367089	94.16	0.65779911	OK
30	101.3063	26.1762376	685.20	1.77445278	OK
31					
32	85.1397	10.0097195	100.19	0.67854574	OK
33	107.1375	32.0074822	1024.48	2.16974519	ELIMINAR
34	68.3178	-6.81221926	46.41	0.4617914	OK
35	70.0719	-5.05814358	25.58	0.34288491	OK
36	54.4305	-20.6995424	428.47	1.4031948	OK
37	58.5204	-16.6096735	275.88	1.12594796	OK
38	96.8829	21.7528282	473.19	1.47459566	OK
39	64.8204	-10.3096682	106.29	0.69887887	OK
40	58.3852	-16.744791	280.39	1.1351074	OK
Σ	2854.94104	Σ	8269.30771		
Xprom (μ)	75.1300	Xprom (μ)	14.751724		
		CVlp	0.19634924		

Fuente: Elaboración propia.

Seguimos aplicando el criterio de Chauvenet hasta que todos los datos sean menores a 2.00.



Tabla N° 40 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 2.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	$(X_i - \mu)L_p$	$(X_i - \mu)L_p^2$	ABS((X-u)/S)>2.0	
1					
2					
3	83.6776	10.4393131	108.98	0.82151588	OK
4	91.6430	18.4046603	338.73	1.4483444	OK
5	64.1655	-9.07279808	82.32	0.71397875	OK
6	82.5032	9.26490535	85.84	0.72909652	OK
7	72.4200	-0.8182648	0.67	0.06439289	OK
8	81.0558	7.81749048	61.11	0.61519302	OK
9	68.4593	-4.77896926	22.84	0.3760783	OK
10	74.0312	0.79292367	0.63	0.06239868	OK
11	76.3525	3.114154	9.70	0.2450666	OK
12	70.1252	-3.11310009	9.69	0.24498366	OK
13	58.2617	-14.9765964	224.30	1.17857484	OK
14	70.5533	-2.68504725	7.21	0.21129829	OK
15	69.7120	-3.5262576	12.43	0.27749686	OK
16	74.0898	0.85153778	0.73	0.06701129	OK
17	56.6835	-16.5548405	274.06	1.30277387	OK
18	97.5362	24.2978538	590.39	1.91210595	OK
19	47.7279	-25.5104513	650.78	2.00753063	ELIMINAR
20	77.8647	4.62636508	21.40	0.3640692	OK
21	63.1786	-10.0597043	101.20	0.79164278	OK
22	64.4551	-8.78322436	77.15	0.69119091	OK
23	92.9770	19.7387074	389.62	1.55332649	OK
24	72.6043	-0.63402112	0.40	0.04989394	OK
25	67.3199	-5.91837707	35.03	0.46574336	OK
26	69.7030	-3.53528859	12.50	0.27820755	OK
27	77.8055	4.56716674	20.86	0.35941062	OK
28	88.3719	15.1335797	229.03	1.19092855	OK
29	65.4264	-7.81195021	61.03	0.61475703	OK
30	101.3063	28.0679583	787.81	2.20879221	ELIMINAR
31					
32	85.1397	11.9014402	141.64	0.93657715	OK
33					
34	68.3178	-4.92049858	24.21	0.38721587	OK
35	70.0719	-3.1664229	10.03	0.24917987	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	$(X_i - \mu)L_p$	$(X_i - \mu)L_p^2$	ABS((X-u)/S)>2.0	
36	54.4305	-18.8078217	353.73	1.48007096	OK
37	58.5204	-14.7179528	216.62	1.15822103	OK
38	96.8829	23.6445489	559.06	1.86069449	OK
39	64.8204	-8.41794752	70.86	0.66244565	OK
40	58.3852	-14.8530704	220.61	1.16885403	OK
Σ	2636.57904	Σ	5813.18873		
Xprom (μ)	73.2383	Xprom (μ)	12.7073784		
		CVlp	0.17350727		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 41 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 3.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	$(X_i - \mu)L_p$	$(X_i - \mu)L_p^2$	ABS((X-u)/S)>2.0	
1					
2					
3	83.6776	10.5145339	110.56	0.92697941	OK
4	91.6430	18.4798811	341.51	1.62921815	OK
5	64.1655	-8.99757728	80.96	0.79324191	OK
6	82.5032	9.34012615	87.24	0.82344161	OK
7	72.4200	-0.743044	0.55	0.06550804	OK
8	81.0558	7.89271127	62.29	0.69583502	OK
9	68.4593	-4.70374847	22.13	0.41469057	OK
10	74.0312	0.86814446	0.75	0.07653711	OK
11	76.3525	3.18937479	10.17	0.28118077	OK
12	70.1252	-3.0378793	9.23	0.26782467	OK
13	58.2617	-14.9013756	222.05	1.31373094	OK
14	70.5533	-2.60982646	6.81	0.2300868	OK
15	69.7120	-3.4510368	11.91	0.30424935	OK
16	74.0898	0.92675858	0.86	0.08170463	OK
17	56.6835	-16.4796197	271.58	1.45287165	OK
18	97.5362	24.3730746	594.05	2.14877224	ELIMINAR
19					
20	77.8647	4.70158588	22.10	0.41449991	OK
21	63.1786	-9.9844835	99.69	0.88024926	OK
22	64.4551	-8.70800356	75.83	0.76771259	OK
23	92.9770	19.8139282	392.59	1.74683004	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
24	72.6043	-0.55880033	0.31	0.0492648	OK
25	67.3199	-5.84315628	34.14	0.51514272	OK
26	69.7030	-3.4600678	11.97	0.30504554	OK
27	77.8055	4.64238753	21.55	0.40928088	OK
28	88.3719	15.2088005	231.31	1.34083405	OK
29	65.4264	-7.73672942	59.86	0.68208339	OK
30					
31					
32	85.1397	11.976661	143.44	1.05588306	OK
33					
34	68.3178	-4.84527779	23.48	0.42716803	OK
35	70.0719	-3.0912021	9.56	0.2725257	OK
36	54.4305	-18.7326009	350.91	1.65149836	OK
37	58.5204	-14.642732	214.41	1.29092847	OK
38	96.8829	23.7197697	562.63	2.09117575	ELIMINAR
39	64.8204	-8.34272672	69.60	0.73550916	OK
40	58.3852	-14.7778496	218.38	1.30284067	OK
Σ	2487.54492	Σ	4374.40294		
Xprom (μ)	73.1631	Xprom (μ)	11.3427911		
		CVlp	0.15503434		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 42 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 4.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1					
2					
3	83.6776	12.0174353	144.42	1.21211938	OK
4	91.6430	19.9827825	399.31	2.01553138	ELIMINAR
5	64.1655	-7.4946759	56.17	0.75593849	OK
6	82.5032	10.8430275	117.57	1.09366462	OK
7	72.4200	0.75985738	0.58	0.0766418	OK
8	81.0558	9.39561266	88.28	0.94767344	OK
9	68.4593	-3.20084708	10.25	0.32284832	OK
10	74.0312	2.37104585	5.62	0.23915175	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
11	76.3525	4.69227618	22.02	0.47327893	OK
12	70.1252	-1.53497791	2.36	0.15482309	OK
13	58.2617	-13.3984743	179.52	1.35141567	OK
14	70.5533	-1.10692507	1.23	0.11164823	OK
15	69.7120	-1.94813542	3.80	0.19649556	OK
16	74.0898	2.42965996	5.90	0.24506376	OK
17	56.6835	-14.9767183	224.30	1.51060272	OK
18					
19					
20	77.8647	6.20448726	38.50	0.62580568	OK
21	63.1786	-8.48158212	71.94	0.85548121	OK
22	64.4551	-7.20510218	51.91	0.7267311	OK
23	92.9770	21.3168296	454.41	2.15008791	ELIMINAR
24	72.6043	0.94410106	0.89	0.09522524	OK
25	67.3199	-4.34025489	18.84	0.43777286	OK
26	69.7030	-1.95716641	3.83	0.19740646	OK
27	77.8055	6.14528892	37.76	0.61983473	OK
28	88.3719	16.7117019	279.28	1.68559907	OK
29	65.4264	-6.23382803	38.86	0.62876509	OK
30					
31					
32	85.1397	13.4795623	181.70	1.35959449	OK
33					
34	68.3178	-3.3423764	11.17	0.33712345	OK
35	70.0719	-1.58830072	2.52	0.16020141	OK
36	54.4305	-17.2296996	296.86	1.73784608	OK
37	58.5204	-13.1398306	172.66	1.32532799	OK
38					
39	64.8204	-6.83982534	46.78	0.68988804	OK
40	58.3852	-13.2749482	176.22	1.33895641	OK
Σ	2293.12591	Σ	3145.4499		
Xprom (μ)	71.6602	Xprom (μ)	9.91439909		
		CVlp	0.13835297		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 43 Corrección de datos de Media, desviación estándar y chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 5.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
-----------	-----------------------	----------	-----------------------	------------------	--



1					
2					
3	83.6776	13.394089	179.40	1.5518406	OK
4					
5	64.1655	-6.11802216	37.43	0.70883471	OK
6	82.5032	12.2196813	149.32	1.41577359	OK
7	72.4200	2.13651112	4.56	0.24753641	OK
8	81.0558	10.7722664	116.04	1.24807595	OK
9	68.4593	-1.82419335	3.33	0.21135124	OK
10	74.0312	3.74769958	14.05	0.43420888	OK
11	76.3525	6.06892991	36.83	0.70314688	OK
12	70.1252	-0.15832417	0.03	0.01834346	OK
13	58.2617	-12.0218205	144.52	1.39284943	OK
14	70.5533	0.26972866	0.07	0.03125079	OK
15	69.7120	-0.57148168	0.33	0.06621193	OK
16	74.0898	3.8063137	14.49	0.44099992	OK
17	56.6835	-13.6000645	184.96	1.57570495	OK
18					
19					
20	77.8647	7.581141	57.47	0.87835182	OK
21	63.1786	-7.10492838	50.48	0.82317777	OK
22	64.4551	-5.82844844	33.97	0.67528467	OK
23					
24	72.6043	2.3207548	5.39	0.2688829	OK
25	67.3199	-2.96360115	8.78	0.34336315	OK
26	69.7030	-0.58051268	0.34	0.06725826	OK
27	77.8055	7.52194265	56.58	0.87149309	OK
28	88.3719	18.0883556	327.19	2.09571884	ELIMINAR
29	65.4264	-4.85717429	23.59	0.56275274	OK
30					
31					
32	85.1397	14.8562161	220.71	1.7212428	OK
33					
34	68.3178	-1.96572266	3.86	0.22774884	OK
35	70.0719	-0.21164698	0.04	0.02452144	OK
36	54.4305	-15.8530458	251.32	1.8367356	OK
37	58.5204	-11.7631769	138.37	1.36288295	OK
38					



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
39	64.8204	-5.4631716	29.85	0.63296365	OK
40	58.3852	-11.8982944	141.57	1.37853768	OK
Σ	2108.50593	Σ	2234.87581		
Xprom (μ)	70.2835	Xprom (μ)	8.63109845		
		CVlp	0.122804		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 44 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Compresión Perpendicular al grano 6.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ)Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1					
2					
3	83.6776	14.0178254	196.50	1.73346117	OK
4					
5	64.1655	-5.49428576	30.19	0.67942999	OK
6	82.5032	12.8434177	164.95	1.5882325	OK
7	72.4200	2.76024752	7.62	0.34133553	OK
8	81.0558	11.3960028	129.87	1.40924343	OK
9	68.4593	-1.20045695	1.44	0.14844995	OK
10	74.0312	4.37143599	19.11	0.54057704	OK
11	76.3525	6.69266631	44.79	0.82762318	OK
12	70.1252	0.46541223	0.22	0.05755344	OK
13	58.2617	-11.3980841	129.92	1.40950081	OK
14	70.5533	0.89346506	0.80	0.11048697	OK
15	69.7120	0.05225472	0.00	0.00646188	OK
16	74.0898	4.4300501	19.63	0.54782533	OK
17	56.6835	-12.9763281	168.39	1.60466837	OK
18					
19					
20	77.8647	8.2048774	67.32	1.01462502	OK
21	63.1786	-6.48119198	42.01	0.801472	OK
22	64.4551	-5.20471204	27.09	0.64362096	OK
23					
24	72.6043	2.9444912	8.67	0.36411933	OK
25	67.3199	-2.33986475	5.47	0.28935049	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	$(X_i - \mu)L_p$	$(X_i - \mu)L_p^2$	$ABS((X-u)/S) > 2.0$	
26	69.7030	0.04322372	0.00	0.0053451	OK
27	77.8055	8.14567906	66.35	1.00730448	OK
28					
29	65.4264	-4.23343789	17.92	0.52351203	OK
30					
31					
32	85.1397	15.4799525	239.63	1.91426956	OK
33					
34	68.3178	-1.34198626	1.80	0.16595164	OK
35	70.0719	0.41208942	0.17	0.05095947	OK
36	54.4305	-15.2293094	231.93	1.88327474	OK
37	58.5204	-11.1394405	124.09	1.37751663	OK
38					
39	64.8204	-4.8394352	23.42	0.59845038	OK
40	58.3852	-11.274558	127.12	1.39422542	OK
Σ	2020.13404	Σ	1896.40484		
Xprom (μ)	69.6598	Xprom (μ)	8.08661056		
		CV_{lp}	0.1160872		

Fuente: Elaboración propia.

Para escoger el dato representativo de la muestra se aplicó la distribución estadística de Student (t) especial para pequeñas muestras, esta función se encuentra tabulada en el anexo.

El Percentil 5% equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t) y está dado por la siguiente fórmula:

Xprom (μ)	69.6598	Sr	8.0866
CV		0.1161	

N	29	V=N-1	28
t_{0.95}	1.69		



Se escoge el límite inferior, y con $V=N-1$ y $t_{0.95}$ entramos a la tabulación de la función (t) en el anexo y encontramos

Per 5% =	
$\mu \pm t_{0.95} \left(\frac{S}{\sqrt{N-1}} \right)$	243.102

La Norma Técnica Peruana E.010, indica que para hallar los esfuerzos admisibles se utiliza una serie de coeficientes dependiendo al tipo de ensayo,

	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C.	0.80	-	-	-
F.T.	0.90	-	-	-
F.S.	2.00	1.60	4.00	1.60
F.D.C	1.15	1.25	-	-

Esfuerzo admisible (Kg/cm²) =	
$\frac{F.C. \times F.T.}{F.S. \times F.D.C.} \times \text{Esfuerzo basico}$	45.15 Kg/cm²
F.C.	-
F.T.	-
F.S.	1.60
F.D.C	-



Análisis: Para el ensayo de Compresión perpendicular al grano, se puede observar a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), alcanzo los **45.15 Kg/cm²**.

3.1.5 Flexión estática.

Se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcinal } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{3P'L}{2ae}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²

En la probeta N°1:

$$\text{Esfuerzo al limite proporcinal} = \frac{3 \times 312.54 \times 17.50}{2 \times 2.50 \times 2.45}$$

$$\text{Esfuerzo al limite proporcinal} = 546.72 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo de Ruptura } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{3PL}{2ae^2}$$

P = Es la carga máxima soportada por la probeta en Kg.

L = Distancia entre los soportes, luz de la probeta en cm.

a = Ancho de la probeta (cm).

e = Espesor de la probeta (cm).

En la probeta N°1:

$$\text{Modulo de Ruptura} = \frac{3 \times 458.86 \times 17.50}{2 \times 2.50 \times 2.45}$$

$$\text{Modulo de Ruptura} = 802.66 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo de elasticidad } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P'L^3}{4ae^3Y}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

A = La superficie del plano en que se produce el cizallamiento, en cm²



En la probeta N°1:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{312.54 \times 17.50^3}{4 \times 2.5 \times 2.45^3 \times 0.53}$$

Modulo de elasticidad = 21409.66 Kg/cm²

Tabla N° 45 Análisis de Datos de Flexión Estática.

# Prob.	L (cm)	Luz (cm)	A (cm)	E (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Hum e %	Carga (KN)	Carga (Kg)	P'	Dl (cm)
P-1	40.00	17.50	2.50	2.45	6.13	203.81	14%	4.50	458.86	312.54	0.53
P-2	40.00	17.50	2.50	2.45	6.13	207.83	14%	5.50	560.82	289.57	0.48
P-3	40.00	17.50	2.40	2.48	5.95	205.02	14%	6.00	611.81	268.13	0.44
P-4	40.00	17.50	2.40	2.50	6.00	204.88	13%	6.50	662.79	371.90	0.48
P-5	40.00	17.50	2.40	2.48	5.95	208.59	12%	7.00	713.78	371.98	0.49
P-6	40.00	17.50	2.40	2.40	5.76	201.87	12%	7.50	764.76	312.54	0.47
P-7	40.05	17.50	2.47	2.40	5.93	195.16	13%	6.00	611.81	491.43	0.76
P-8	40.00	17.50	2.51	2.50	6.28	205.93	11%	7.00	713.78	552.78	1.04
P-9	40.00	17.50	2.40	2.40	5.76	205.90	15%	6.70	683.19	498.24	0.75
P-10	40.00	17.50	2.50	2.40	6.00	203.50	13%	5.00	509.84	326.29	0.71
P-11	40.00	17.50	2.50	2.40	6.00	206.10	11%	7.00	713.78	497.87	0.69
P-12	40.00	17.50	2.48	2.40	5.95	205.11	13%	6.70	683.19	364.65	0.37
P-13	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	207.55	13%	7.50	764.76	455.43	0.78
P-14	40.00	17.50	2.45	2.40	5.88	202.39	11%	6.50	662.79	387.72	0.57
P-15	40.00	17.50	2.45	2.50	6.13	211.86	16%	7.50	764.76	487.71	0.67
P-16	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	204.98	13%	7.00	713.78	314.23	0.43
P-17	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	201.08	11%	6.50	662.79	427.12	0.66
P-18	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	205.91	12%	7.50	764.76	320.71	0.75
P-19	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	208.85	12%	7.00	713.78	357.00	0.58
P-20	40.00	17.50	2.50	2.40	6.00	206.59	11%	7.50	764.76	451.00	1.00
P-21	40.00	17.50	2.50	2.40	6.00	203.50	12%	5.00	509.84	312.76	0.52
P-22	40.00	17.50	2.48	2.45	6.08	205.21	13%	4.80	489.45	284.87	0.47
P-23	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	203.12	15%	6.00	611.81	322.66	0.53
P-24	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	205.41	16%	5.50	560.82	320.06	0.55
P-25	40.00	17.50	2.50	2.45	6.13	206.12	11%	7.00	713.78	285.53	0.46
P-26	40.00	17.50	2.48	2.40	5.95	205.11	12%	6.70	683.19	312.54	0.52
P-27	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	207.55	13%	7.00	713.78	357.61	0.58
P-28	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	206.34	12%	6.70	683.19	498.24	0.75



# Prob.	L (cm)	Luz (cm)	A (cm)	E (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Hum e %	Carga (KN)	Carga (Kg)	P'	DI (cm)
P-29	40.00	17.50	2.50	2.40	6.00	206.59	11%	6.50	662.79	455.13	0.73
P-30	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	204.98	13%	7.00	713.78	314.23	0.43
P-31	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	205.91	13%	7.00	713.78	444.23	0.63
P-32	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	208.85	13%	6.70	683.19	298.76	0.46
P-33	40.00	17.50	2.48	2.45	6.08	203.56	12%	6.50	662.79	426.74	0.57
P-34	40.00	17.50	2.48	2.45	6.08	207.52	13%	6.00	611.81	302.23	0.53
P-35	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	205.43	11%	6.70	683.19	498.24	0.68
P-36	40.00	17.50	2.50	2.48	6.20	208.85	12%	6.70	683.19	364.65	0.37
P-37	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	205.76	13%	7.00	713.78	482.23	0.61
P-38	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	205.91	13%	7.50	764.76	582.45	0.83
P-39	40.00	17.50	2.50	2.50	6.25	205.91	12%	7.50	764.76	312.54	0.53
P-40	40.00	17.50	2.50	2.40	6.00	206.59	13%	7.00	713.78	440.33	0.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 46 Datos de la Resistencia máxima a compresión, E. L. P. y M.O.E.

# Probeta	MOR (kg/cm ²)	Esf Lim Prop (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
1	802.66	546.72	21409.66
2	981.03	506.53	22169.61
3	1088.00	476.83	22102.95
4	1159.89	650.83	27886.00
5	1269.34	661.51	27921.82
6	1452.18	593.47	27143.25
7	1128.82	906.72	25526.48
8	1194.37	924.97	18239.15
9	1297.28	946.08	26791.90
10	929.40	594.80	17751.76
11	1301.15	907.57	28067.74
12	1255.43	670.09	38053.37
13	1305.60	777.51	20437.09
14	1232.87	721.21	26748.61
15	1311.02	836.08	25389.95
16	1218.56	536.46	25410.72
17	1113.49	717.57	22285.24
18	1284.80	538.80	14667.24
19	1218.56	609.47	21548.02
20	1394.09	822.14	17570.75
21	929.40	570.14	23184.08



# Probeta	MOR (kg/cm2)	Esf Lim Prop (kg/cm2)	MOE (kg/cm2)
22	863.08	502.33	22505.98
23	1027.84	542.07	20764.05
24	942.18	537.70	19794.55
25	1248.59	499.47	22784.35
26	1255.43	574.33	23354.61
27	1218.56	610.51	21584.84
28	1147.75	837.03	22755.61
29	1208.21	829.66	24039.19
30	1218.56	536.46	25410.72
31	1199.14	746.31	24033.26
32	1166.34	510.04	23020.60
33	1168.75	752.50	27339.76
34	1078.85	532.95	20831.21
35	1166.34	850.59	25896.83
36	1166.34	622.53	34212.40
37	1199.14	810.15	26956.47
38	1284.80	978.52	23940.13
39	1284.80	525.07	20150.61
40	1301.15	802.68	27445.32
Σ	47013.81	27116.38	957125.88
Xprom (μ)	1175.35	677.91	23928.15

Fuente: Elaboración propia.

Aplicamos el criterio de Chauvenet.

Tabla N° 47 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Flexión Estática 1.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ) Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	546.7172	-131.19	17211.42	0.89	OK
2	506.5312	-171.38	29370.52	1.16	OK
3	476.8262	-201.08	40434.49	1.36	OK
4	650.8250	-27.08	733.57	0.18	OK
5	661.5068	-16.40	269.05	0.11	OK
6	593.4733	-84.44	7129.47	0.57	OK
7	906.7165	228.81	52352.66	1.54	OK
8	924.9705	247.06	61039.15	1.67	OK
9	946.0843	268.17	71917.70	1.81	OK
10	594.8037	-83.11	6906.58	0.56	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ) Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	
11	907.5701	229.66	52743.97	1.55	OK
12	670.0873	-7.82	61.19	0.05	OK
13	777.5128	99.60	9920.83	0.67	OK
14	721.2078	43.30	1874.74	0.29	OK
15	836.0777	158.17	25017.18	1.07	OK
16	536.4554	-141.45	20009.28	0.95	OK
17	717.5666	39.66	1572.69	0.27	OK
18	538.7967	-139.11	19352.38	0.94	OK
19	609.4726	-68.44	4683.62	0.46	OK
20	822.1354	144.23	20801.11	0.97	OK
21	570.1354	-107.77	11615.25	0.73	OK
22	502.3335	-175.58	30826.92	1.18	OK
23	542.0688	-135.84	18452.70	0.92	OK
24	537.7008	-140.21	19658.48	0.95	OK
25	499.4694	-178.44	31840.87	1.20	OK
26	574.3290	-103.58	10728.92	0.70	OK
27	610.5140	-67.40	4542.16	0.45	OK
28	837.0348	159.13	25320.86	1.07	OK
29	829.6641	151.75	23029.45	1.02	OK
30	536.4554	-141.45	20009.28	0.95	OK
31	746.3064	68.40	4678.14	0.46	OK
32	510.0449	-167.86	28178.53	1.13	OK
33	752.5040	74.59	5564.34	0.50	OK
34	532.9458	-144.96	21014.48	0.98	OK
35	850.5898	172.68	29818.49	1.17	OK
36	622.5327	-55.38	3066.59	0.37	OK
37	810.1464	132.24	17486.60	0.89	OK
38	978.5160	300.61	90364.27	2.03	ELIMINAR
39	525.0672	-152.84	23360.77	1.03	OK
40	802.6849	124.78	15568.90	0.84	OK
Σ	27116.38008	Σ	878527.58		
Xprom (μ)	677.9095	Sr	148.20		
		CVlp	0.22		

Fuente: Elaboración propia.

Descartamos los datos mayores a 2.00



Tabla N° 48 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Flexión Estática 2.

# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	$(X_i - \mu) L_p$	$(X_i - \mu) L_p^2$	ABS((X-u)/S)>2.0	
1	546.7172	-123.48	15248.41	0.87	OK
2	506.5312	-163.67	26788.02	1.15	OK
3	476.8262	-193.38	37394.06	1.36	OK
4	650.8250	-19.38	375.45	0.14	OK
5	661.5068	-8.69	75.60	0.06	OK
6	593.4733	-76.73	5887.24	0.54	OK
7	906.7165	236.51	55939.29	1.67	OK
8	924.9705	254.77	64907.18	1.79	OK
9	946.0843	275.88	76111.22	1.94	OK
10	594.8037	-75.40	5684.85	0.53	OK
11	907.5701	237.37	56343.76	1.67	OK
12	670.0873	-0.11	0.01	0.00	OK
13	777.5128	107.31	11515.69	0.76	OK
14	721.2078	51.01	2601.63	0.36	OK
15	836.0777	165.88	27514.87	1.17	OK
16	536.4554	-133.75	17888.07	0.94	OK
17	717.5666	47.36	2243.44	0.33	OK
18	538.7967	-131.40	17267.27	0.93	OK
19	609.4726	-60.73	3688.02	0.43	OK
20	822.1354	151.93	23083.87	1.07	OK
21	570.1354	-100.07	10013.25	0.70	OK
22	502.3335	-167.87	28179.70	1.18	OK
23	542.0688	-128.13	16418.03	0.90	OK
24	537.7008	-132.50	17556.47	0.93	OK
25	499.4694	-170.73	29149.50	1.20	OK
26	574.3290	-95.87	9191.56	0.68	OK
27	610.5140	-59.69	3562.62	0.42	OK
28	837.0348	166.83	27833.30	1.18	OK
29	829.6641	159.46	25428.26	1.12	OK
30	536.4554	-133.75	17888.07	0.94	OK
31	746.3064	76.10	5791.93	0.54	OK
32	510.0449	-160.16	25650.19	1.13	OK
33	752.5040	82.30	6773.68	0.58	OK
34	532.9458	-137.26	18839.17	0.97	OK
35	850.5898	180.39	32539.89	1.27	OK
36	622.5327	-47.67	2272.33	0.34	OK
37	810.1464	139.94	19584.54	0.99	OK



# Probeta	Esf Lim Prop (kg/cm2)	(Xi-μ) Lp	(Xi-μ)Lp ²	ABS((X-u)/S)>2.0	# Probeta
38					
39	525.0672	-145.13	21064.01	1.02	OK
40	802.6849	132.48	17551.81	0.93	OK
Σ	26137.8641	Σ	785846.28		
20.5000	670.2016	Sr	141.95		
		CVlp	0.21		

Fuente: Elaboración propia.

Para escoger el dato representativo de la muestra se aplicó la distribución estadística de Student (t) especial para pequeñas muestras, esta función se encuentra tabulada en el anexo.

El Percentil 5% equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t) y está dado por la siguiente fórmula:

Xprom (μ)	670.2016	Sr	141.95
CV		0.21	

N	39	V=N-1	38
t0.95	1.70		

Se escoge el límite inferior, y con V=N-1 y t 0.95 entramos a la tabulación de la función (t) en el anexo y encontramos

Per 5% =	
$\mu \pm t_{0.95} \left(\frac{S}{\sqrt{N-1}} \right)$	709.118



La Norma Técnica Peruana E.010, indica que para hallar los esfuerzos admisibles se utiliza una serie de coeficientes dependiendo al tipo de ensayo,

	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	CORTE PARALELO	COMPRESIÓN PERPENDICULAR
F.C.	0.80	-	-	-
F.T.	0.90	-	-	-
F.S.	2.00	1.60	4.00	1.60
F.D.C	1.15	1.25	-	-

Esfuerzo admisible (Kg/cm²) =	
$\frac{F. C. \times F. T.}{F. S. \times F. D. C.} \times \text{Esfuerzo basico}$	221.985 Kg/cm²
F.C.	0.80
F.T.	0.90
F.S.	2.00
F.D.C	1.15

Análisis: Para el ensayo de Flexión estática, se puede observar a un percentil del 5%, que equivale a un límite de confianza correspondiente al 95% de la función de Student (t), alcanzo los **221.985 Kg/cm²**.

3.1.6 Tensión paralela al grano.

Se utilizó las siguientes formula:

$$\text{Modulo de Ruptura } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right) = \frac{P}{ab}$$

P = Es la carga de rotura de la probeta en Kg.

a = Ancho de la probeta (cm).

e = Espesor de la probeta (cm).



En la probeta N°1:

$$\text{Modulo de Ruptura} = \frac{458.86}{2.35 \times 0.50}$$

$$\text{Modulo de Ruptura} = 390.52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo de elasticidad} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{P'L}{ab\Delta}$$

P = Es la carga soportada por las probetas hasta el límite proporcional en kg.

a = Ancho de la probeta (cm).

e = Espesor de la probeta (cm).

Δ = Incremento constante de la deformación de la probeta en cm.

En la probeta N°1:

$$\text{Modulo de elasticidad} = \frac{265.50 \times 12.10}{2.35 \times 0.50 \times 0.03}$$

$$\text{Modulo de elasticidad} = 91136.17 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla N° 49 Análisis de Datos de Tensión Paralela al grano.

# Probeta	L (cm)	A (cm)	H (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Humeda d %	Carga (KN)	Carga (Kg)	P'	Dl (cm)
P-1	12.10	2.35	0.50	1.18	9.60	8%	4.50	458.86	265.50	0.03
P-2	12.05	2.40	0.55	1.32	9.40	7%	4.60	469.05	311.87	0.07
P-3	12.00	2.35	0.55	1.29	8.90	8%	3.80	387.48	215.76	0.04
P-4	12.05	2.40	0.50	1.20	9.30	7%	4.20	428.27	265.59	0.04
P-5	12.05	2.35	0.55	1.29	9.60	6%	3.00	305.90	178.13	0.03
P-6	12.05	2.35	0.55	1.29	9.40	6%	5.00	509.84	275.78	0.03
P-7	12.05	2.35	0.50	1.18	9.30	7%	5.50	560.82	315.76	0.05
P-8	12.00	2.40	0.55	1.32	9.20	8%	5.50	560.82	255.76	0.04
P-9	12.05	2.35	0.50	1.18	9.60	9%	5.50	560.82	265.50	0.04



# Probeta	L (cm)	A (cm ²)	H (cm)	Área (cm ²)	Peso (gr)	Humedad %	Carga (KN)	Carga (Kg)	P'	DI (cm)
P-10	12.00	2.40	0.55	1.32	9.40	6%	6.50	662.79	234.65	0.04
P-11	12.05	2.40	0.50	1.20	9.30	7%	4.00	407.87	265.50	0.04
P-12	12.00	2.40	0.55	1.32	9.60	7%	5.00	509.84	201.13	0.04
P-13	12.00	2.40	0.50	1.20	9.50	8%	5.00	509.84	145.87	0.03
P-14	12.05	2.35	0.50	1.18	9.50	9%	6.00	611.81	301.14	0.04
P-15	12.00	2.40	0.50	1.20	8.80	7%	5.00	509.84	368.99	0.04
P-16	12.05	2.35	0.50	1.18	8.50	6%	3.00	305.90	180.43	0.03
P-17	12.05	2.40	0.50	1.20	8.80	8%	5.00	509.84	287.50	0.03
P-18	12.00	2.40	0.52	1.25	9.10	7%	4.50	458.86	265.68	0.05
P-19	12.05	2.40	0.50	1.20	9.10	8%	3.00	305.90	194.43	0.03
P-20	12.00	2.40	0.53	1.27	9.10	7%	5.30	540.43	244.75	0.03
P-21	12.00	2.40	0.55	1.32	8.80	9%	4.00	407.87	175.11	0.03
P-22	12.05	2.36	0.55	1.30	8.50	9%	4.50	458.86	175.23	0.03
P-23	12.00	2.40	0.50	1.20	9.60	9%	3.50	356.89	173.09	0.04
P-24	12.00	2.40	0.53	1.27	8.90	9%	5.00	509.84	175.65	0.04
P-25	12.10	2.35	0.53	1.25	9.20	9%	5.50	560.82	291.56	0.04
P-26	12.05	2.36	0.50	1.18	9.30	9%	6.00	611.81	315.35	0.05
P-27	12.00	2.36	0.50	1.18	9.50	9%	4.50	458.86	194.57	0.03
P-28	12.00	2.36	0.50	1.18	8.90	9%	4.50	458.86	265.50	0.04
P-29	12.10	2.40	0.53	1.27	8.80	9%	6.00	611.81	367.00	0.04
P-30	12.10	2.42	0.52	1.26	8.50	9%	5.00	509.84	194.46	0.03
P-31	12.05	2.40	0.50	1.20	8.50	9%	5.00	509.84	194.54	0.03
P-32	12.00	2.40	0.49	1.18	9.10	9%	4.50	458.86	357.65	0.05
P-33	12.10	3.35	0.50	1.68	9.50	9%	4.00	407.87	241.65	0.04
P-34	12.10	2.35	0.50	1.18	9.30	9%	3.50	356.89	174.32	0.04
P-35	12.05	2.36	0.55	1.30	8.90	9%	3.00	305.90	224.43	0.04
P-36	12.05	2.40	0.52	1.25	9.00	9%	5.00	509.84	180.43	0.03
P-37	12.10	2.35	0.55	1.29	9.10	9%	5.00	509.84	265.50	0.05
P-38	12.00	2.40	0.55	1.32	9.10	9%	6.00	611.81	253.67	0.04
P-39	12.00	2.35	0.50	1.18	9.50	9%	4.00	407.87	180.43	0.03
P-40	12.00	2.40	0.50	1.20	8.80	9%	4.00	407.87	215.24	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 50 Datos de la Modulo de Ruptura y Modulo de elasticidad.

# Probeta	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
1	390.52	91136.17
2	355.34	42115.31
3	299.79	45620.31



# Probeta	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)
4	356.89	71118.30
5	236.68	60170.62
6	394.46	86715.07
7	477.30	61868.93
8	424.87	56297.60
9	477.30	67861.01
10	502.12	49380.05
11	339.89	64553.57
12	386.24	45597.37
13	424.87	58115.54
14	520.69	71471.58
15	424.87	87646.08
16	260.34	72849.10
17	424.87	113303.73
18	367.67	52401.29
19	254.92	70599.23
20	424.87	70488.31
21	308.99	59972.46
22	353.51	63920.91
23	297.41	47331.15
24	400.82	46494.82
25	450.28	80697.94
26	518.48	70620.86
27	388.86	71534.62
28	388.86	63276.31
29	480.98	84565.47
30	405.15	59357.75
31	424.87	76818.95
32	390.18	70007.48
33	243.51	45329.80
34	303.73	49725.03
35	235.67	56972.90
36	408.53	68506.98
37	394.46	54507.28
38	463.49	55933.23
39	347.13	69170.02
40	339.89	58855.62
Σ	15289.27	2592908.75
Xprom (μ)	382.23	64822.72

Fuente: Elaboración propia.



Aplicamos el criterio de Chauvenet.

Tabla N° 51 Corrección de datos de Media, desviación estándar y Chauvenet del ensayo de Tensión Paralela al grano.

$(X_i - \mu)R$	$(X_i - \mu)R^2$	$(X_i - \mu)MOE$	$(X_i - \mu)MOE^2$	ABS((X-u)/S)>2.0	
8.28	68.62	26313.45	692397725.59	0.11	OK
-26.89	723.01	-22707.41	515626333.67	0.35	OK
-82.44	6796.69	-19202.41	368732670.72	1.09	OK
-25.34	642.32	6295.58	39634300.76	0.33	OK
-145.56	21186.46	-4652.10	21642030.30	1.92	OK
12.23	149.53	21892.35	479274916.28	0.16	OK
95.07	9037.37	-2953.79	8724893.26	1.25	OK
42.63	1817.72	-8525.12	72677638.44	0.56	OK
95.07	9037.37	3038.29	9231202.82	1.25	OK
119.88	14371.98	-15442.67	238476003.87	1.58	OK
-42.34	1792.56	-269.15	72440.30	0.56	OK
4.01	16.08	-19225.35	369614028.13	0.05	OK
42.63	1817.72	-6707.18	44986276.23	0.56	OK
138.46	19169.98	6648.86	44207305.09	1.83	OK
42.63	1817.72	22823.36	520905851.45	0.56	OK
-121.89	14856.71	8026.38	64422854.70	1.61	OK
42.63	1817.72	48481.02	2350408928.09	0.56	OK
-14.56	211.96	-12421.43	154291844.44	0.19	OK
-127.31	16208.32	5776.51	33368054.67	1.68	OK
42.63	1817.72	5665.59	32098927.86	0.56	OK
-73.24	5363.80	-4850.25	23524969.19	0.97	OK
-28.72	824.95	-901.81	813260.90	0.38	OK
-84.83	7195.32	-17491.57	305955127.61	1.12	OK
18.59	345.43	-18327.90	335911784.81	0.25	OK
68.05	4630.57	15875.22	252022737.05	0.90	OK
136.25	18563.90	5798.15	33618498.59	1.80	OK
6.63	43.94	6711.90	45049553.95	0.09	OK
6.63	43.94	-1546.41	2391390.86	0.09	OK
98.75	9751.40	19742.75	389776277.03	1.30	OK
22.92	525.21	-5464.97	29865847.22	0.30	OK
42.63	1817.72	11996.23	143909501.67	0.56	OK
7.95	63.23	5184.76	26881721.62	0.10	OK
-138.73	19244.97	-19492.91	379973732.99	1.83	OK
-78.50	6161.85	-15097.69	227940178.45	1.04	OK
-146.56	21479.41	-7849.82	61619701.73	1.93	OK
26.29	691.36	3684.27	13573812.74	0.35	OK
12.23	149.53	-10315.44	106408301.53	0.16	OK



$(X_i - \mu)R$	$(X_i - \mu)R^2$	$(X_i - \mu)MOE$	$(X_i - \mu)MOE^2$	$ABS((X-u)/S) > 2.0$	$(X_i - \mu)R$
81.26	6603.02	-8889.48	79022924.84	1.07	OK
-35.11	1232.49	4347.30	18899037.21	0.46	OK
-42.34	1792.56	-5967.10	35606275.65	0.56	OK
Σ	229882.17	Σ	8573558862.32		
Sr	75.81	Sr	14640.32		

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV: Resultados.

4.1 Resultados de ensayo de Propiedades Físicas.

4.1.1 Resultados del ensayo de Densidad Básica.

Tabla N° 52 Resultados del ensayo de Densidad Básica.

Ensayo de densidad básica				
Media Aritmética	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	PER 5%	Esfuerzo admisible
0.548	0.045	0.0773	0.523	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 53 Tabla de Densidad Básica según grupo.

Grupo	Densidad Básica g/cm ³
A	≥ 0,71
B	0,56 a 0,70
C	0,40 a 0,55

Fuente: NTP e.010.

4.2 Resultados de ensayo de Propiedades Mecánicas.

Tabla N° 548 Tabla de los esfuerzos admisibles según grupo y ensayo.

Grupo	Esfuerzos Admisibles Mpa (kg/cm ²)				
	Flexión Fm	Tracción Paralela ft	Compresión Paralela Fc	Compresión Perpendicular fc	Corte Paralelo fv
A	20.6 (210)	14.2 (145)	14.2 (145)	3.9 (40)	1.5 (15)
B	14.7 (150)	10.3 (105)	10.8 (110)	2.7 (28)	1.2 (12)
C	9.8 (100)	7.3 (75)	7.8 (80)	1.5 (15)	0.8 (8)

Fuente: NTP e.010.

4.2.1 Resultados del ensayo de Cizalladura Paralela al grano.

Tabla N° 559 Resultados del ensayo de Cizalladura Paralela al grano.

Cizallamiento o Corte Paralelo al grano				
Media Aritmética	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	PER 5%	Esfuerzo admisible
80.99	8.03	0.10	83.32	20.83

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos del ensayo de Cizalladura Paralela, la madera Zapote se encuentra en el grupo “A”.

4.2.2 Resultados del ensayo de Compresión Paralela o Axial al grano.

Tabla N° 56 Resultados del ensayo de Compresión Paralela o Axial al Grano.

Compresión Paralela al grano				
Media Aritmética	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	PER 5%	Esfuerzo admisible
221.99	33.26	0.14982	231.11	115.55

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos del ensayo de Compresión Paralela, la madera Zapote se encuentra en el grupo “B”.

4.2.3 Resultados del ensayo de Compresión Perpendicular al grano.

Tabla N° 57 Resultados del ensayo de compresión Perpendicular al grano.

Compresión perpendicular al grano				
Media Aritmética	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	PER 5%	Esfuerzo admisible
69.66	8.09	0.11609	72.24	45.15

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos del ensayo de Compresión Paralela, la madera Zapote se encuentra en el grupo “A”.

4.2.4 Resultados del ensayo de Flexión Estática al grano.

Tabla N° 58 Resultados del ensayo de Flexión Estática.

Flexión Estática				
Media Aritmética	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	PER 5%	Esfuerzo admisible
670.20	141.95	0.21180	709.12	221.98

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos del ensayo de Flexión Estática, la madera Zapote se encuentra en el grupo “A”.



4.2.5 Resultados del ensayo de Tensión Paralela al grano.

Tabla N° 59 Resultados del ensayo de Tensión Paralela al grano.

Tensión Paralela al grano				
Media Aritmética	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	PER 5%	Esfuerzo admisible
382.23	75.81	0.19833	402.75	-

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo V: Discusión

5.1 Al momento de realizar la investigación ¿Por qué razón se eligió la madera Zapote?

Se decidió la madera Zapote debido a que es una de las maderas más explotadas en los últimos años, la cual solo se usa para encofrados y muebles.

5.2 Al momento de realizar la investigación. ¿Por qué se utilizó la madera Zapote de la zona de Puerto Maldonado?

Se utilizó la madera de la Zona de Puerto Maldonado ya que la mayor parte de la madera que se comercializa en la ciudad del Cusco procede de Puerto Maldonado, también porque es la zona más cercana donde se puede obtener esta madera.

5.3 Al momento de realizar la investigación. ¿Se puede conseguir cantidades considerables de la madera Zapote?

En la ciudad del Cusco contamos con muchas carpinterías las cuales presentan muchos tipos de madera en las cuales se incluye la madera Zapote, también se puede hacer pedido de varios aserraderos de la ciudad de Puerto Maldonado.

5.4 Durante el corte de las probetas. ¿Se presentaron dificultades?

No se presentaron dificultades ya que recurrimos a especialistas en el corte de madera los cuales ya tienen experiencia en la manipulación de las diferentes máquinas para el corte de la madera.

5.5 Al momento de ensayar las probetas. ¿Las probetas presentaron deformaciones debido a las cargas aplicadas?

Al realizar los ensayos en las diferentes probetas se presentaron diferentes tipos de fallas o deformaciones, debido a la aplicación de cargar sobre las probetas en muchos de los casos las probetas se partieron en uno o más trozos.

5.6 Durante la evaluación de las probetas ¿Qué tipo de madera era según su cantidad de humedad? ¿Por qué utilizaron este tipo?

La madera utilizada en los ensayos de laboratorio era madera seca porque su porcentaje de húmeda estaba entre el 13% y el 18% acorde a lo estipulado en el cuadro N°5 de madera según su cantidad de humedad de la página número 33. Nosotros utilizamos este tipo de madera por



que los ensayos que realizamos son ensayos en estado seco en ambiente normalizado acorde a la Norma Técnica Peruana de Maderas Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos (NTP 251.009)., cabe mencionar que también existen ensayos en estado verde.

5.7 Durante el acondicionamiento de las probetas ¿Fue significativa la ayuda al colocar parafina caliente en determinados extremos de las probetas?

Si nos fue de ayuda ya que con su aplicación en las caras de las probetas que se verían sometidas a diferentes fuerzas con el fin de evitar deformaciones por el proceso de secado de las probetas como son rajaduras, nos ayudó a tener una mayor uniformidad y facilidad al momento de realizar los ensayos de laboratorio, se recomienda tener en cuenta su aplicación en ensayos que se vayan a realizar de la misma naturaleza con madera.

5.8 Concerniente al tema económico ¿Es más económico la utilización de la madera zapote a diferencia de otras maderas para usos estructurales en la ciudad del Cusco?

Teniendo en cuenta que la madera de Zapote cuesta S./ 2.30 (largo 1m x ancho 2.5” x espesor2.5 “) resulta ser más económica que la madera de Copaiba que cuesta S./ 2.80 (largo 1m x ancho 2.5” x espesor2.5 “), pero tiene el mismo precio que la madera de Misa que cuesta S./ 2.30 (largo 1m x ancho 2.5” x espesor2.5 “), teniendo en cuenta que son precios que se aplican en la ciudad del Cusco siendo estas dos maderas Copaiba y Misa preferentes en su compra para usos estructurales.

5.9 Ya finalizada la tesis de investigación. ¿La utilización de la madera Zapote disminuiría la tala de las especies en peligro de extinción?

Obviamente que sí, ya que actualmente solo se talan pocas especies de árboles para la construcción de casas u otras estructuras, por el desconocimiento de las propiedades de los diferentes tipos de árboles lo que causa la deforestación y extinción de varias especies de árboles, y al aumentar la utilización de la madera Zapote se podría incrementar la población de los demás árboles y sacarlos del peligro de extinción.



Glosario.

Acanaladura: O abarquillado es un alabeo en dirección transversal a las fibras.

Anisotrópico: Que tiene propiedades diferentes en diferentes ejes.

Bloque: Es la superficie mínima que constituye el centro de actividad, del cual serán

Cizallamiento paralelo: La resistencia es paralela a las fibras y produce un plano de falla, tangente a los anillos de crecimiento.

Compresión perpendicular: Es la resistencia de la madera a una carga en dirección perpendicular a las fibras.

Compresión axial o paralela: Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras.

Coníferos: Árboles con estructuras reproductivas denominadas conos o más comúnmente piñas. Las plantas que forman esta colección son las especies forestales dominantes en los climas fríos y de altas montañas.

Dendrocronología: Parte de la botánica que establece la edad de un árbol y los cambios climáticos a los que ha estado sometido mediante la observación de los anillos de crecimiento anual.

Densidad básica: Es el cociente entre el peso de la madera anhidra y el volumen en estado saturado correspondiente.

Encorvadura: O curvatura lateral corresponde al alabeo de los cantos en el sentido de las fibras.

Esfuerzos básicos: Es el esfuerzo mínimo obtenido de ensayos de propiedades mecánicas que sirven de base para la determinación de esfuerzos admisibles.

Esfuerzos admisibles: Son los esfuerzos de diseño del material para cargas de servicio, definidos para los grupos estructurales.

Flexión estática: Es la resistencia de la probeta a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz.

Hemicelulosas: Cualquier elemento de un grupo de polisacáridos que constituyen la parte principal de los componentes esqueléticos de las paredes celulares de las plantas y se parecen a la celulosa.

Humedad de equilibrio: Se denomina, al porcentaje de agua que alcanza una madera sometida durante un lapso determinado a condiciones de temperatura y humedad en su medio ambiente.

Higroscópico: Sustancias que cambian como un resultado directo de atraer y absorber agua.



Isotrópico: Que tiene propiedades que son idénticas en todas direcciones.

Lignina: Es una sustancia que aparece en los tejidos leñosos de los vegetales y que mantiene unidas las fibras de celulosa que los componen, la lignina constituye el 25% de la madera.

Límite elástico: Se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en que la deformación aumenta en mayor proporción que la carga que se aplica.

Madera anhidra: Es aquella en la que se ha eliminado todo su contenido de humedad

Madera seca: Es aquella cuyo contenido de humedad es menor o igual que el correspondiente al equilibrio higroscópico.

Madera húmeda: Es aquella cuyo contenido de humedad es superior al del equilibrio higroscópico.

Madera con contenido de humedad natural: Madera que no ha sufrido ningún proceso de secado.

Madera con contenido de humedad seco: Madera que ha sido secado por algún proceso más o menos controlado.

Madera aserrada: Piezas de madera maciza obtenida por aserrado del árbol, generalmente escuadrada, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas.

Material homogéneo: Es el que presenta una composición uniforme, en la cual no se pueden distinguir a simple vista sus componentes; en muchos casos, no se distinguen ni con instrumentos como el microscopio.

Madera verde: Madera con un contenido de humedad por encima del punto de saturación de fibra.

Módulo de elasticidad: Es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria, es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Propiedades físicas: Son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia.

Propiedades mecánicas: Son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando aplicamos una fuerza, se refieren a la capacidad de los mismos de resistir acciones de cargas: las cargas o fuerzas actúan momentáneamente, tienen carácter de choque.

Probeta: Es la pieza de dimensiones y formas especificadas que se preparan a partir de la vigueta seleccionada para el estudio de las propiedades de la madera.

Punto de saturación de la fibra: Estado de humedad de la madera, en el cual las paredes celulares se encuentran saturadas de agua. Oscila entre 28 y el 40% según las especies, aunque a efectos prácticos se puede tomar el 30



Torcedura: O revirado es el alabeo helicoidal en dirección longitudinal y transversal de las fibras.

Tracción paralela: Es la resistencia a una carga de tracción en dirección paralela a las fibras.

Troza: Es la parte del fuste de longitud variable y libre de ramas obtenida por corte transversal.

Vigueta: Es la parte seleccionada de la troza de sección suficiente a partir de la cual se preparan las probetas.

Xilema: Tejido especializado en la conducción de agua y minerales desde la raíz al resto de la planta.

Capítulo VI: Conclusiones

7.1 Se demostró la hipótesis general donde nos indica. “Las propiedades físico-mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado nos permitirá aplicarla en usos estructurales de acuerdo a la NTP E.010”

Dado que los resultados de los ensayos (ver paginas desde N° 142 hasta N°145) para determinar las propiedades físico-mecánicas, alcanzaron los valores de esfuerzos admisibles prescritos por la norma técnica peruana E.010 (ver tabla N° 10, página N° 41), clasificándola como una madera de uso estructural.

7.2 Se demostró la sub hipótesis 1 nos indica: “Las propiedades físicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado clasificaran para su uso estructural”.

Ya que el resultado del ensayo de Densidad Básica es de 0.535 g/cm^3 (ver página 87), el cual es superior a 0.40 g/cm^3 y menor a 0.55 g/cm^3 , la madera Zapote se encuentra en el grupo “C” dando un uso estructural a la madera (ver tabla N° 8, página N° 40).

7.3 Se demostró la sub hipótesis 2 nos indica: “Las propiedades mecánicas de la madera Zapote procedente de Puerto Maldonado clasificaran para su uso estructural”.

Ya que los esfuerzos admisibles con un nivel de confianza de 95% de los diferentes ensayos alcanzaron los parámetros de los diferentes grupos de maderas para usos estructurales:
Cizalladura paralelo al grano = 20.83 kg/cm^2 (ver página N° 143) es mayor a 15 kg/cm^2 se encuentra en el grupo “A” (ver tabla N° 8, página N° 40), compresión axial o paralelo al grano = 115.55 kg/cm^2 (ver página N° 143) es mayor a 110 kg/cm^2 y menor a 145 kg/cm^2 se encuentra dentro del grupo “B” (ver tabla N° 8, página N° 40), compresión perpendicular al grano = 151.94 kg/cm^2 (ver página N° 144) es mayor a 40 kg/cm^2 se encuentra en el grupo “A” (ver tabla N° 8, página N° 40), flexión estática = 221.98 kg/cm^2 (ver página N° 144) es mayor a 210 kg/cm^2 se encuentra en el grupo “A” (ver tabla N° 8, página N° 40).



7.4 Se demostró la sub hipótesis 3 nos indica: “La madera Zapote procedente de Puerto Maldonado está clasificado en el grupo “A” según la norma técnica peruana E.010”.

Ya que los diferentes resultados de esfuerzos admisibles (ver paginas desde N° 142 hasta N°145) sobrepasaron los datos requeridos por la NTP e.010 para incluirlo en el grupo y que sus usos estructurales sean la construcción pesada, trabajos portuarios y marinos donde el factor más importante es la resistencia y durabilidad y no es tan importante la trabajabilidad de la madera.



Recomendaciones

8.1 Recomendación N°1.

Se recomienda la utilización de los implementos de seguridad (EPP's), para la extracción de la madera, en todo momento desde el inicio de la elaboración de las probetas hasta el final de su elaboración y aún más cuando se manipula materiales peligrosos, para evitar accidentes en el transcurso de los ensayos de laboratorio.

8.2 Recomendación N°2.

Se recomienda utilizar probetas que cumplan las medidas según normas técnicas peruanas (NTP) para tener un resultado óptimo, ya que si no cumplimos con dichas especificaciones nuestros resultados no tendrán la precisión requerida.

8.3 Recomendación N°3.

Realizar estudios con otras maderas para tener un registro amplio de todas las maderas que son taladas en el país, ya que en la actualidad solo se explotan una cantidad limitada de especies de árboles y con este tipo de estudio ayudaríamos a que disminuya la tala de los árboles en peligro de extinción dándoles tiempo para que crezca su población.

8.4 Recomendación N°4.

Se recomienda la presente investigación ya que se comprobó que la madera Zapote tiene buenas propiedades y se puede utilizar como madera estructural.

8.5 Recomendación N°5.

Se recomienda realizar estudios de la madera Zapote de otras zonas para comparar sus propiedades físico – mecánicas, y poder saber cómo varían en cada zona, ya que la madera Zapote se encuentra en toda la amazonia peruana y sería bueno saber cómo varían sus propiedades de acuerdo al clima, tipo de suelo, etc., donde se encuentra.

8.6 Recomendación N°6.

Se recomienda utilizar la parafina caliente en las caras de la madera las cuales se van a ver sometidas a contacto en los ensayos, esto para evitar rajaduras y cambios de sus propiedades físicas al momento del secado de la madera, la parafina es retirada antes de los ensayos.

8.7 Recomendación N°7.

Se recomienda la ayuda de personal capacitado al momento de la obtención de las muestras ya que se tiene que manipular instrumentos peligrosos como cierras entre otro, también al momento de cortar las probetas ya que si no se cuenta con la experiencia no se podrá obtener las medidas precisas y el ensayo tendrá errores.



Bibliografía

- Acuña, L. (2005). *Material de apoyo del curso Tecnología de la madera*.
- Arias, F. (1999). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Episteme.
- Avila Baray, H. L. (2006). *Instrucción a la Metodología de la investigación*. Chihuahua: eumed net.
- Balestrini Acuña, M. (2006). *Como se Elabora El proyecto de Investigación*. Caracas: BL Consultores Asociados.
- Baptista, H.-F. y. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw Hill.
- Calleros, H. (2012). *Tecnología de la madera*. Obtenido de [//sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/propiedades-fisicas](http://sites.google.com/site/tecnologiadelamadera/propiedades-fisicas)
- Cartagena. (1974). *Manual de diseño para maderas del grupo andino*.
- Cerda, H. (1991). *Los elementos de la Investigación*. Bogota: El Buho.
- Diaz, P. (2005). *Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de*.
- Gálvez, B. (2011). *Madera estructural. Tipología y Cálculo de Uniones*.
- Heredia, R. L. (2018). *Secado y Curado*.
- Hernández Sampieri, F. C. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico DF: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Ibañez, C. F. (2001). *LA MADERA : Composición, Alteraciones y Restauración*.
- INIA. (s.f.). (*Instituto Nacional de Innovación Agraria*)).
- jaurlaritzta, e. (2010). *Manual Tecnico de Formacion para la caracterizacion de uso estructural*.
- Mamlouk, M. S. (2009). *Materiales para Ingeniería Civil* (Vol. segunda edición).
- Martinez Miguélez, M. (2004). *Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa*. Mexico D.F.: Editorial Trillas S.A. de C.V.
- Mojonera, C. d. (2010). *La Madera, Anillos de crecimiento*.
- Osorio Rojas, R. A. (1998). *La Metodología Del Cuestionario*. Antioquia: Revista La Sociología en sus Escenarios.
- Quintana, R. M. (2009). *estadística básica*.
- Rioboo, L. M. (2008). *Estadística Básica*.
- Rothamel, I. P. (2006). *Maderas, Calculo y Dimensionado de estructuras portantes*.
- Sampieri-Collado y Baptista. (2002). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- SERFOR. (s.f.). *Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre* .
- tailaketa.wordpress.com/2014/09/24/partes-de-la-madera/. (24 de Septiembre de 2014). *wordpress.com*.



Tamayo Tamayo, M. (2003). *El PRoceso de la Investigacion cientifica*. MEXico D.F.: Limusa
S.A.

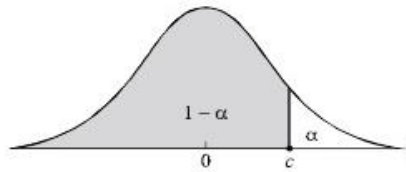
Winandy, J. (1994). *Wood Properties*.

Anexos.

10.1 Tabla t de student.

TABLA DE LA DISTRIBUCION t-Student

La tabla da áreas $1 - \alpha$ y valores $c = t_{1-\alpha, r}$, donde, $P[T \leq c] = 1 - \alpha$, y donde T tiene distribución t-Student con r grados de libertad..



r	1 - alpha								
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995	
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	



10.2 Datos Compresión Axial o Paralela al grano.

NUMERO DE PROBETA	N° 1	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.884	600
3	1.524	1045
4	1.753	1672
5	1.930	2000
6	2.159	2262
7	2.261	2751
8	2.362	3105
9	2.591	3554
10	2.769	3730
11		
12		
13		
14		
15		

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	3730.00 Kg
P' :	2751.00 Kg
DI :	0.2261 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	144.826 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	9426.451 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	106.814 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA	N° 2	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.512	300
3	1.245	914
4	1.909	1502
5	2.243	2219
6	2.576	2701
7	2.976	3218
8	3.243	3615
9	3.655	4239
10	3.989	4460
11		
12		
13		
14		
15		

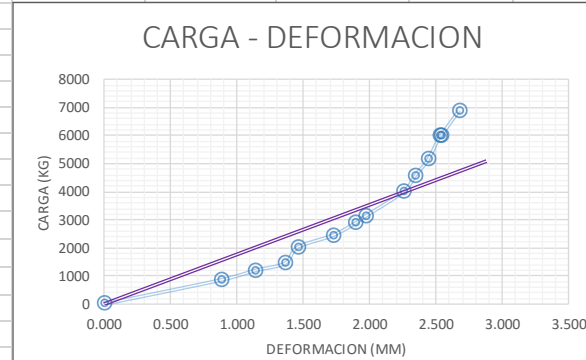
DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	4460.00 Kg
P' :	2701.00 Kg
DI :	0.2576 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	174.885 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	8222.918 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	105.911 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA	N° 3	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.884	861
3	1.143	1200
4	1.365	1452
5	1.460	2019
6	1.723	2443
7	1.893	2873
8	1.973	3135
9	2.255	3987
10	2.345	4564
11	2.445	5153
12	2.5309	5981
13	2.5433	6012
14	2.6777	6890
15		

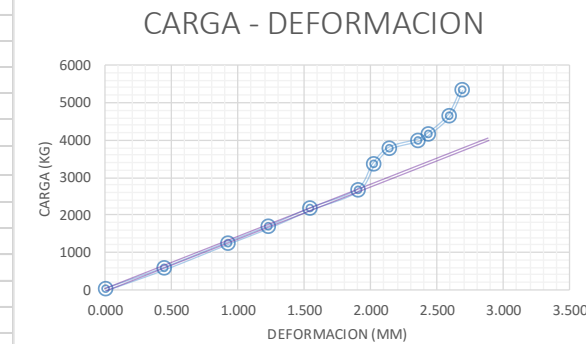


DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	6890.00 Kg
P' :	3987.00 Kg
DI :	0.2255 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	272.871 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	14042.647 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	157.901 Kg/cm ²

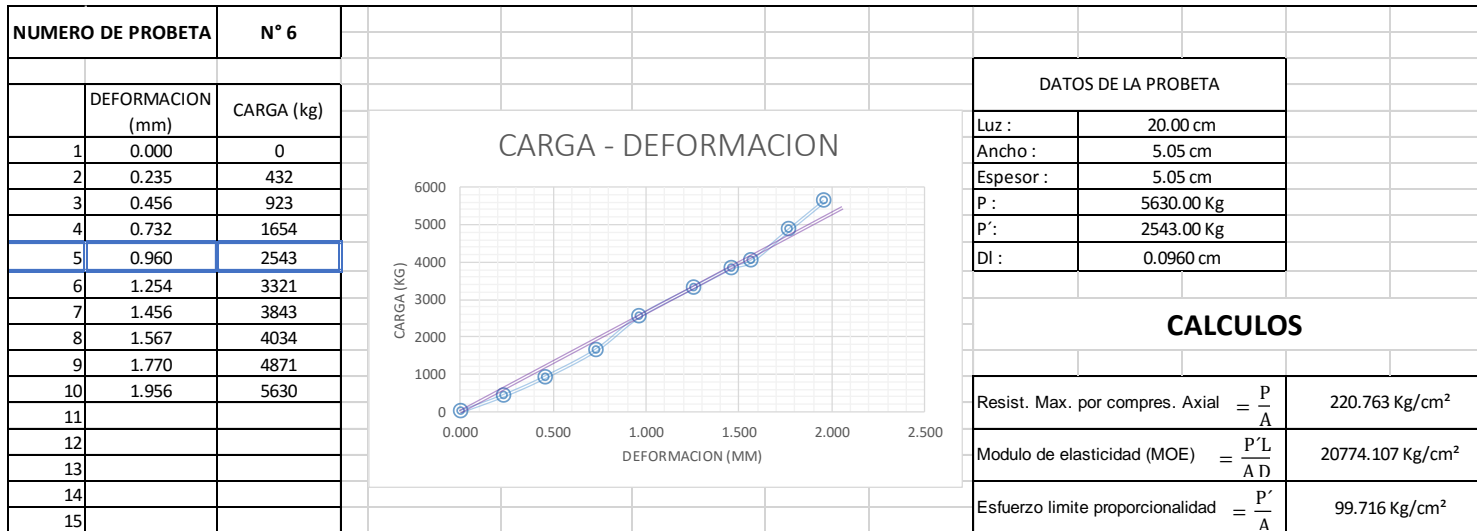
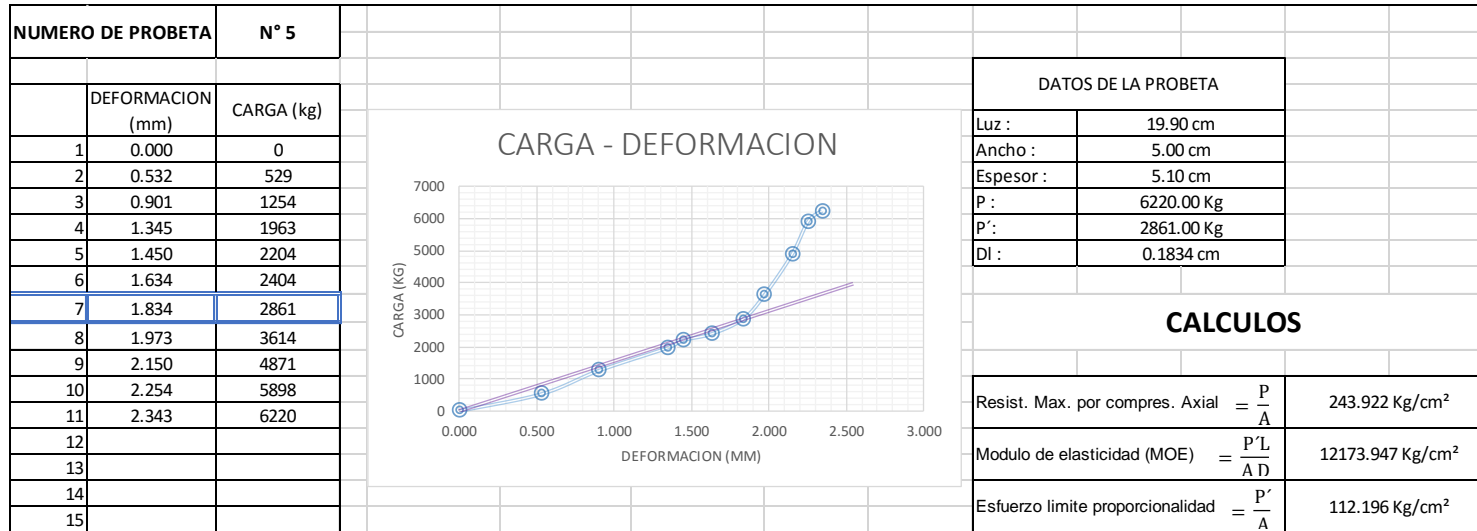
NUMERO DE PROBETA	N° 4	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.446	566
3	0.923	1243
4	1.232	1672
5	1.546	2154
6	1.902	2654
7	2.025	3354
8	2.144	3779
9	2.354	3989
10	2.435	4155
11	2.591	4645
12	2.686	5340
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5340.00 Kg
P' :	2654.00 Kg
DI :	0.1902 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	209.391 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	10915.674 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	104.068 Kg/cm ²





NUMERO DE PROBETA		N° 7
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.632	456
3	0.865	1054
4	0.944	1534
5	1.053	2054
6	1.135	2604
7	1.265	3304
8	1.346	3853
9	1.465	4068
10	1.594	4630
11	1.632	5230
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.10 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5230.00 Kg
P' :	3853.00 Kg
DI :	0.1346 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	207.129 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	22793.173 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	152.594 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 8
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.512	452
3	0.823	824
4	1.024	1654
5	1.122	2054
6	1.200	2834
7	1.324	3418
8	1.432	3615
9	1.583	4234
10	1.680	4754
11	1.734	5012
12	1.845	5801
13	1.909	6370
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6370.00 Kg
P' :	2834.00 Kg
DI :	0.1200 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	254.800 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	18846.100 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	113.360 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 9
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.543	704
3	0.932	1234
4	1.032	1854
5	1.142	2453
6	1.235	2853
7	1.432	3224
8	1.740	3534
9	1.843	4546
10	1.954	5867
11	2.043	6560
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6560.00 Kg
P' :	2853.00 Kg
DI :	0.1235 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	259.802 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	18340.767 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	112.990 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 10
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.243	300
3	0.543	603
4	0.832	984
5	1.032	1413
6	1.354	1923
7	1.523	2502
8	1.734	3615
9	1.843	4150
10		
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.10 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	4150.00 Kg
P' :	1923.00 Kg
DI :	0.1354 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	161.134 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	11081.509 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	74.665 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 11	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0	
2	0.523	521	
3	0.842	924	
4	1.023	1472	
5	1.254	2000	
6	1.354	2262	
7	1.455	2751	
8	1.532	3105	
9	1.621	3554	
10	1.743	4150	
11			
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA

Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	4150.00 Kg
P' :	2262.00 Kg
DI :	0.1354 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	162.745 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	13099.887 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	88.706 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 12	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0	
2	0.512	300	
3	0.823	914	
4	1.023	1502	
5	1.234	2219	
6	1.543	3042	
7	1.732	3523	
8	1.832	4453	
9	1.943	5234	
10	2.031	6290	
11			
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA

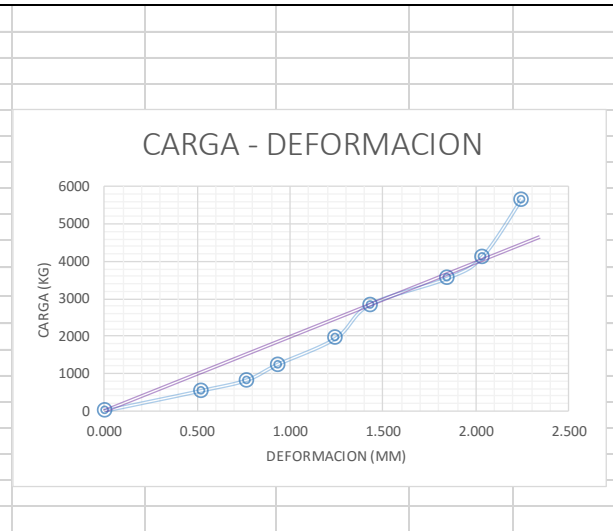
Luz :	19.90 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	6290.00 Kg
P' :	3042.00 Kg
DI :	0.1543 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	249.109 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	15537.637 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	120.475 Kg/cm ²



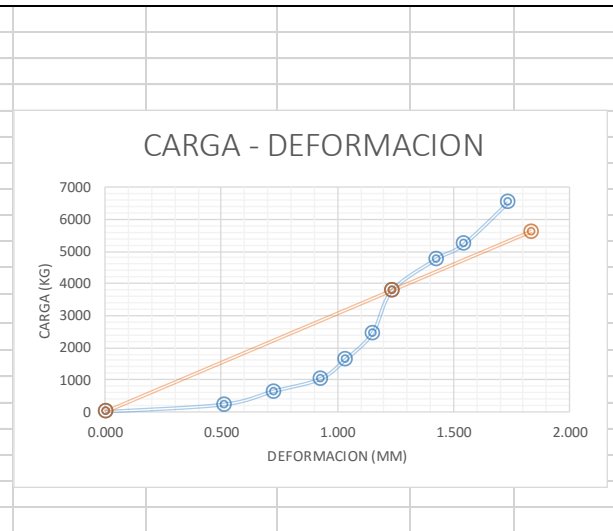
NUMERO DE PROBETA		N° 13
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.523	543
3	0.765	823
4	0.932	1242
5	1.245	1943
6	1.430	2845
7	1.845	3546
8	2.034	4123
9	2.244	5660
10		
11		
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5660.00 Kg
P' :	2845.00 Kg
DI :	0.1430 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	221.939 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	15641.480 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	111.558 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 14
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.512	234
3	0.723	643
4	0.923	1023
5	1.032	1623
6	1.150	2456
7	1.234	3785
8	1.423	4765
9	1.543	5234
10	1.734	6540
11		
12		
13		
14		
15		

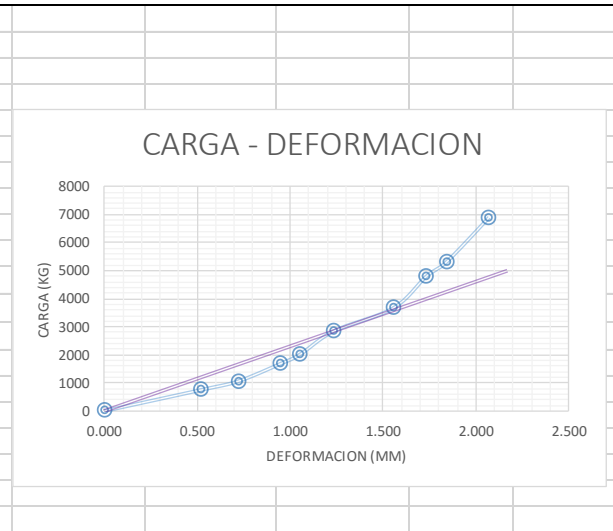


DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.10 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	4.95 cm
P :	6540.00 Kg
P' :	3785.00 Kg
DI :	0.1234 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	261.626 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	24663.244 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	151.415 Kg/cm ²



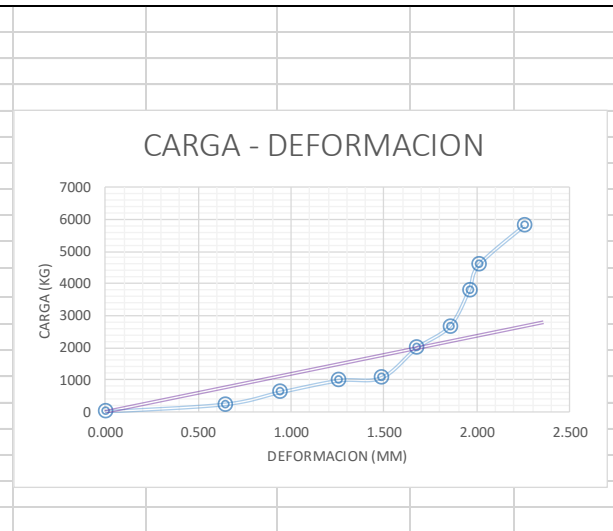
NUMERO DE PROBETA	N°15	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.523	754
3	0.720	1057
4	0.945	1673
5	1.054	2014
6	1.235	2844
7	1.553	3657
8	1.732	4786
9	1.844	5322
10	2.069	6880
11		
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	6880.00 Kg
P' :	2844.00 Kg
DI :	0.1235 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	272.475 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	18188.778 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	112.634 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA	N° 16	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.645	235
3	0.943	609
4	1.258	975
5	1.490	1065
6	1.678	1985
7	1.856	2667
8	1.960	3786
9	2.014	4587
10	2.256	5800
11		
12		
13		
14		
15		

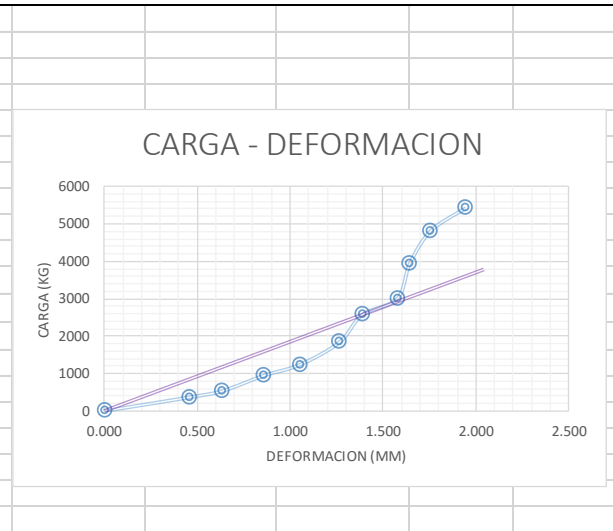


DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5800.00 Kg
P' :	1985.00 Kg
DI :	0.1678 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	225.199 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	9209.189 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	77.072 Kg/cm ²



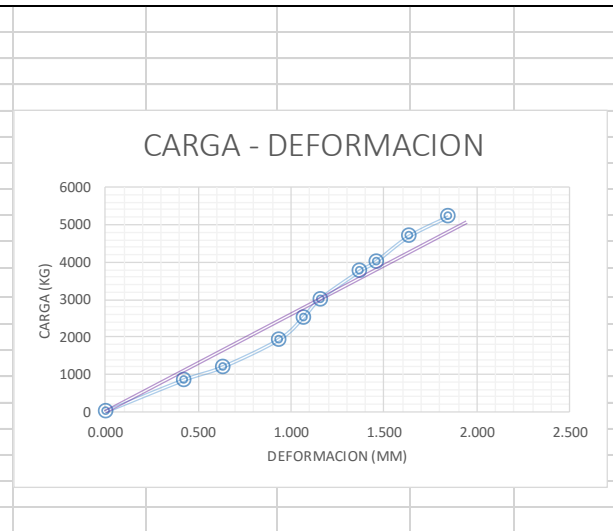
NUMERO DE PROBETA		N° 17
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.454	365
3	0.634	534
4	0.854	942
5	1.054	1245
6	1.265	1843
7	1.387	2576
8	1.576	3012
9	1.643	3945
10	1.755	4823
11	1.943	5430
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5430.00 Kg
P' :	2576.00 Kg
DI :	0.1387 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	210.833 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	14386.354 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	100.019 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 18
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.420	845
3	0.634	1205
4	0.934	1934
5	1.065	2521
6	1.154	3014
7	1.365	3754
8	1.457	4024
9	1.634	4698
10	1.845	5220
11		
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	5220.00 Kg
P' :	3014.00 Kg
DI :	0.1154 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	206.733 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	20687.407 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	119.366 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 19
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.320	254
3	0.623	623
4	0.732	921
5	0.891	1532
6	1.023	2751
7	1.277	3650
8	1.476	4897
9	1.531	5423
10	1.678	6090
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	6090.00 Kg
P' :	2751.00 Kg
DI :	0.1023 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	238.800 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	21081.059 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	107.872 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 20
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.340	532
3	0.513	1026
4	0.684	1398
5	0.865	1932
6	0.958	2531
7	1.090	3261
8	1.208	3900
9	1.320	4532
10	1.536	5003
11	1.625	5500
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5500.00 Kg
P' :	2531.00 Kg
DI :	0.0958 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	220.022 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	21137.813 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	101.250 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 21	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0	
2	0.340	532	
3	0.761	957	
4	0.932	1135	
5	1.158	1852	
6	1.320	2684	
7	1.512	3144	
8	1.650	4229	
9	1.792	5037	
10	2.001	5931	
11	2.251	6880	
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6880.00 Kg
P' :	2684.00 Kg
DI :	0.1320 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	277.980 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	16389.899 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	108.444 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 22	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0	
2	0.398	402	
3	0.631	912	
4	0.830	1431	
5	0.934	2034	
6	1.006	2947	
7	1.279	4123	
8	1.500	4831	
9	1.630	5124	
10	1.934	5800	
11			
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5800.00 Kg
P' :	2947.00 Kg
DI :	0.1006 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	227.429 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	23031.052 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	115.557 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 23
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.431	532
3	0.670	1026
4	0.861	1398
5	1.216	2311
6	1.346	2908
7	1.503	3398
8	1.561	3954
9	1.621	4492
10	1.650	4975
11	1.751	5430
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5430.00 Kg
P' :	2908.00 Kg
DI :	0.1346 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	217.222 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	17285.532 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	116.332 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 24
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.399	687
3	0.521	924
4	0.671	1167
5	0.812	1387
6	0.952	1932
7	1.074	2731
8	1.247	3235
9	1.390	4123
10	1.527	5012
11	1.764	5220
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	5220.00 Kg
P' :	2731.00 Kg
DI :	0.1074 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	208.800 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	20291.788 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	109.240 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 25	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0	
2	0.401	684	
3	0.543	979	
4	0.960	1934	
5	1.278	2761	
6	1.438	3954	
7	1.681	4682	
8	1.800	5137	
9	1.984	5834	
10	2.135	6100	
11			
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	6100.00 Kg
P' :	2761.00 Kg
DI :	0.1278 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	239.216 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	16943.042 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	108.275 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 26	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0	
2	0.538	491	
3	0.762	803	
4	0.954	1068	
5	1.185	1637	
6	1.302	2067	
7	1.454	2924	
8	1.504	3512	
9	1.593	4358	
10	1.671	5137	
11	1.724	5890	
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.90 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5890.00 Kg
P' :	2924.00 Kg
DI :	0.1454 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	233.267 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	15851.282 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	115.802 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 27
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.506	627
3	0.631	762
4	0.731	952
5	0.814	1203
6	0.952	1869
7	1.190	2531
8	1.267	3267
9	1.299	4023
10	1.434	4672
11	1.597	5200
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.50 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	5200.00 Kg
P' :	2531.00 Kg
DI :	0.1190 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	203.922 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	16264.459 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	99.255 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 28
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.310	530
3	0.460	1023
4	0.645	1684
5	0.856	2513
6	1.137	3321
7	1.210	3992
8	1.310	4678
9	1.423	5367
10	1.597	6220
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.10 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	4.95 cm
P :	6220.00 Kg
P' :	3321.00 Kg
DI :	0.1137 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	248.825 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{AD}$	23485.937 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	132.853 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 29
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.412	521
3	0.531	821
4	0.682	1136
5	0.945	1584
6	1.074	1957
7	1.168	2645
8	1.267	3634
9	1.320	4268
10	1.416	5127
11	1.52	5630
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	5630.00 Kg
P' :	2645.00 Kg
DI :	0.1168 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	227.475 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	18253.684 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	106.869 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 30
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.390	602
3	0.564	1018
4	0.840	1398
5	1.093	1672
6	1.186	1984
7	1.270	2674
8	1.310	3365
9	1.392	3968
10	1.467	4530
11	1.632	5230
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.10 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5230.00 Kg
P' :	3365.00 Kg
DI :	0.1310 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	207.129 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	20447.888 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	133.267 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA	N° 31	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.760	684
3	1.038	1135
4	1.125	1594
5	1.268	2841
6	1.384	3994
7	1.440	4682
8	1.510	5123
9	1.684	5982
10	1.765	6370
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6370.00 Kg
P' :	3994.00 Kg
DI :	0.1384 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	254.800 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	23028.988 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	159.760 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA	N° 32	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.540	862
3	0.756	1532
4	0.864	1958
5	1.110	2458
6	1.285	3001
7	1.398	3852
8	1.460	4452
9	1.542	5341
10	1.689	6008
11	1.826	6560
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6560.00 Kg
P' :	3001.00 Kg
DI :	0.1285 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	259.802 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	18544.531 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	118.851 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 33
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.430	852
3	0.514	1053
4	0.680	1287
5	0.765	1384
6	0.857	1524
7	1.070	2135
8	1.185	2795
9	1.384	3521
10	1.456	3852
11	1.52	4150
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	4150.00 Kg
P' :	2135.00 Kg
DI :	0.1070 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	162.729 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	15648.090 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	83.717 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 34
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.300	532
3	0.521	865
4	0.684	1158
5	0.851	1857
6	0.950	2498
7	1.007	2951
8	1.204	3984
9	1.291	4352
10	1.467	4968
11	1.65	5100
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

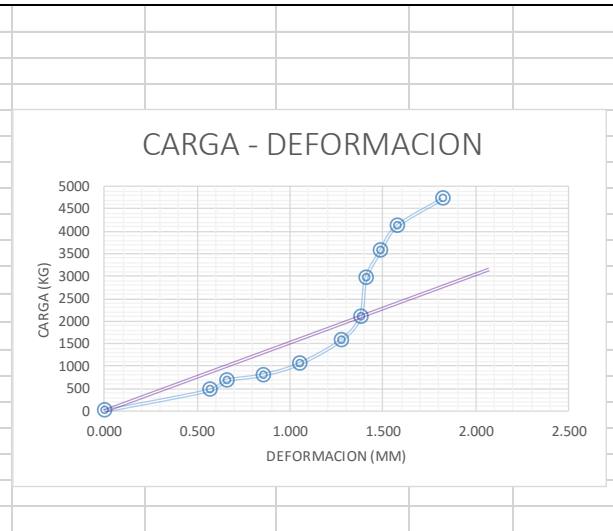
DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.50 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5100.00 Kg
P' :	2951.00 Kg
DI :	0.1007 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	199.980 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	22407.407 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	115.714 Kg/cm ²



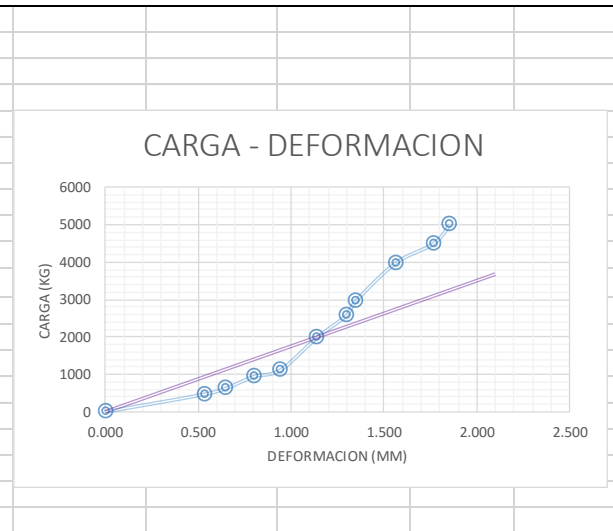
NUMERO DE PROBETA	N° 35	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.570	465
3	0.657	681
4	0.854	804
5	1.054	1058
6	1.276	1582
7	1.380	2103
8	1.410	2954
9	1.490	3578
10	1.577	4125
11	1.821	4730
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	4730.00 Kg
P' :	2103.00 Kg
DI :	0.1380 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	189.200 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	12191.304 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	84.120 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA	N° 36	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.531	468
3	0.647	624
4	0.800	945
5	0.942	1118
6	1.138	1985
7	1.297	2581
8	1.350	2980
9	1.561	3981
10	1.765	4503
11	1.852	5010
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.05 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	5010.00 Kg
P' :	1985.00 Kg
DI :	0.1138 cm

CALCULOS	
Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	198.416 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	13850.685 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	78.614 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 37
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.435	824
3	0.687	1159
4	0.751	1268
5	0.987	1684
6	1.068	1952
7	1.187	2531
8	1.257	2954
9	1.485	3921
10	1.684	4498
11	1.742	4890
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	19.95 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	4890.00 Kg
P' :	1952.00 Kg
DI :	0.1068 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	189.866 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	14157.609 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	75.791 Kg/cm ²

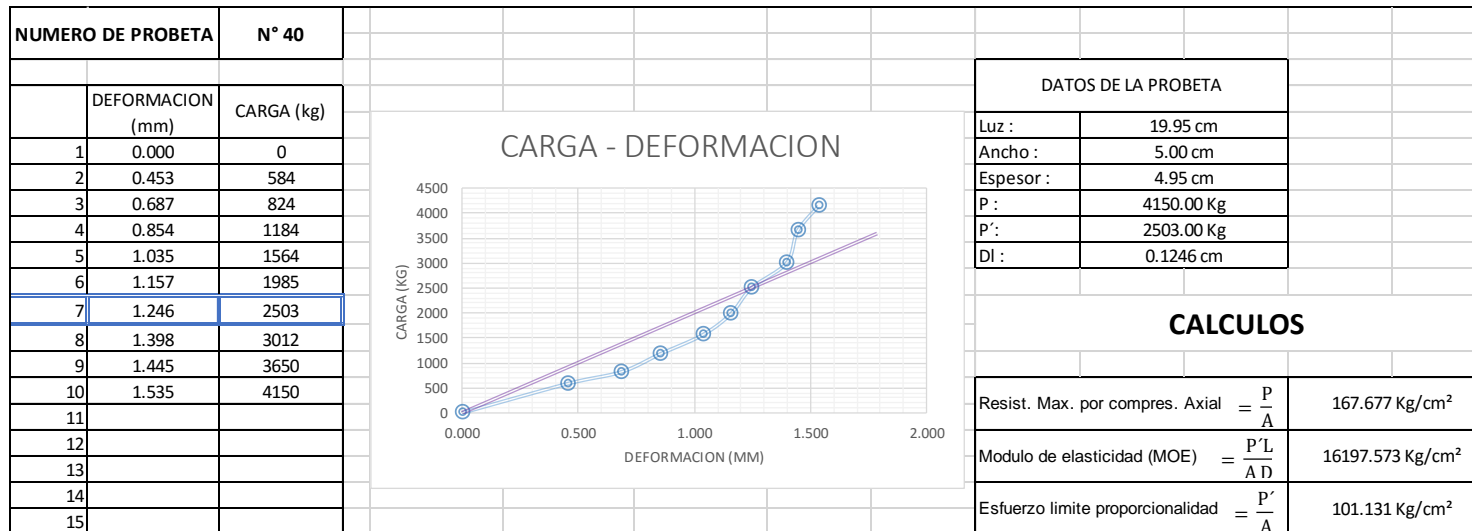
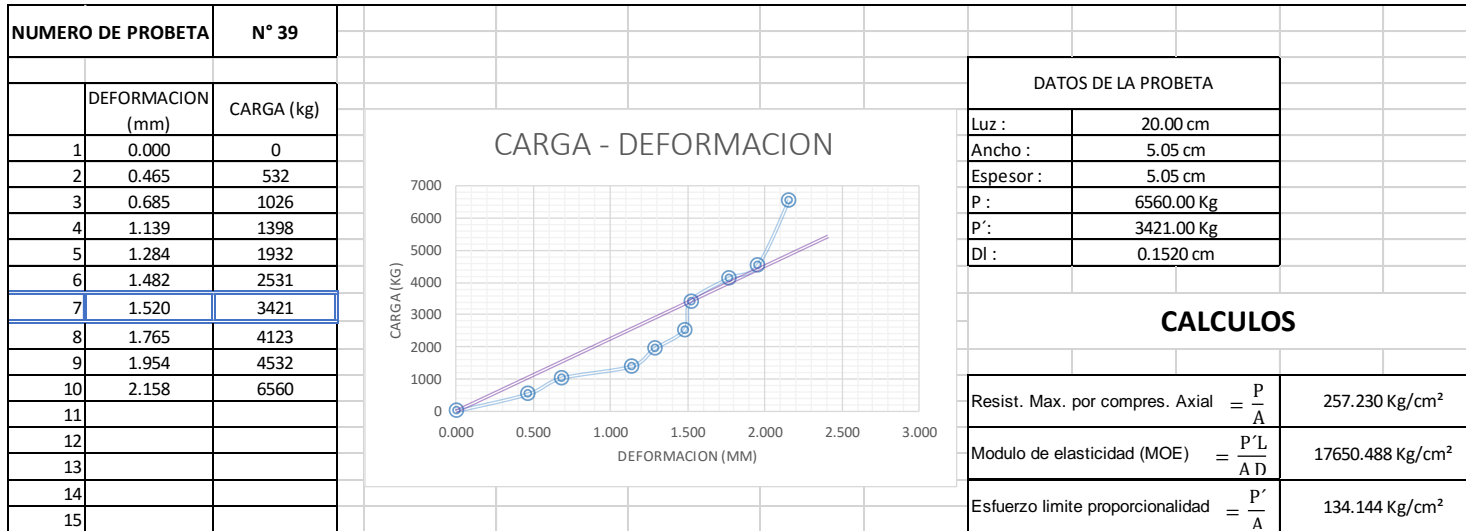
NUMERO DE PROBETA		N° 38
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.524	684
3	0.751	1035
4	0.951	1965
5	1.115	2185
6	1.354	3125
7	1.672	3654
8	1.952	4251
9	2.050	5243
10	2.352	6370
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	20.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	6370.00 Kg
P' :	3125.00 Kg
DI :	0.1354 cm

CALCULOS

Resist. Max. por compres. Axial = $\frac{P}{A}$	249.779 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L}{A D}$	18100.001 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$	122.537 Kg/cm ²





10.3 Datos de Compresión Perpendicular al grano.

NUMERO DE PROBETA		N° 1	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.00	0.00	
2	0.35	495.19	
3	0.63	888.46	
4	0.83	1303.85	
5	0.93	1763.46	
6	1.04	2725.00	
7	1.25	3581.73	
8	1.65	4490.38	
9	1.95	5171.15	
10	2.46	5609.62	
11	2.84	6119.23	
12	3.01	6432.69	
13			
14			
15			

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6432.69 Kg
P' :	2725.00 Kg
DI :	0.1044 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	111.224 Kg/cm ²
--	----------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 2	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.00	0.00	
2	0.53	561.20	
3	0.84	1023.26	
4	1.34	1499.39	
5	1.81	1936.35	
6	2.16	2214.81	
7	2.65	2904.53	
8	3.77	3501.22	
9	4.81	4223.38	
10	5.74	5210.53	
11	6.61	5822.52	
12	7.35	7197.06	
13			
14			
15			

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	7197.06 Kg
P' :	2904.53 Kg
DI :	0.2650 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	118.552 Kg/cm ²
--	----------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 3
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.93	167.15
3	1.33	394.77
4	1.93	569.14
5	2.37	731.95
6	2.73	936.48
7	3.01	1338.63
8	3.37	1723.61
9	3.84	2155.12
10	4.76	2333.49
11	5.46	2479.63
12	6.11	2960.54
13	6.45	3316.17
14	7.44	3975.94
15	8.35	4329.48

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	4329.48 Kg
P' :	2155.12 Kg
DI :	0.3840 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>83.678 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 4
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	290.14
3	1.52	883.10
4	1.75	1177.46
5	1.93	1792.96
6	2.35	2290.85
7	3.57	2475.35
8	4.65	3216.20
9	5.46	3980.99
10	6.54	4711.27
11	7.35	5809.86
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	5809.86 Kg
P' :	2290.85 Kg
DI :	0.2350 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>91.643 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA	N° 5	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.00
2	0.884	157.48
3	1.524	274.28
4	1.753	439.11
5	1.930	617.06
6	2.159	988.98
7	2.261	1227.82
8	2.362	1462.99
9	2.546	1636.22
10	4.567	1956.17
11	5.765	2234.12
12	6.324	2669.29
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA

Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	2669.29 Kg
P' :	1636.22 Kg
DI :	0.2546 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	64.166 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA	N° 6	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	314.12
3	1.52	479.39
4	1.75	662.21
5	1.93	898.47
6	2.16	1088.17
7	2.26	1151.53
8	2.36	1805.73
9	2.59	2083.21
10	4.35	2553.44
11	5.55	3148.85
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA

Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3148.85 Kg
P' :	2083.21 Kg
DI :	0.2591 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	82.503 Kg/cm ²
--	---------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 7
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	145.45
3	1.52	253.33
4	1.75	405.33
5	1.93	912.00
6	2.16	1268.85
7	2.26	1828.61
8	3.66	2556.61
9	4.55	3285.82
10	5.47	3846.30
11	6.77	4495.03
12	7.44	4973.58
13	8.35	5903.03
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	5903.03 Kg
P' :	1828.61 Kg
DI :	0.2261 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	72.420 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 8
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	163.94
3	1.52	411.46
4	1.75	570.61
5	2.15	901.06
6	2.74	1135.45
7	3.05	1459.17
8	3.65	2066.92
9	4.67	2672.11
10	5.32	3341.66
11	6.42	4116.55
12	7.55	4713.42
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	4713.42 Kg
P' :	2066.92 Kg
DI :	0.3655 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	81.056 Kg/cm ²
--	---------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 9
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	83.89
3	1.08	201.15
4	1.35	268.21
5	1.93	411.77
6	2.35	732.60
7	2.66	1017.81
8	3.17	1338.63
9	3.77	1677.25
10	4.01	2222.65
11	4.77	2639.40
12	5.46	2960.54
13	6.35	3295.80
14	7.44	3622.07
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3622.07 Kg
P' :	1677.25 Kg
DI :	0.3765 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	68.459 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 10
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.63	244.21
3	1.28	537.04
4	1.84	800.06
5	2.16	1019.39
6	2.76	1347.51
7	3.68	1835.94
8	4.66	2126.16
9	5.16	2472.80
10	5.88	3083.62
11	6.35	3919.56
12	7.54	4508.10
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.01 cm
P :	4508.10 Kg
P' :	1835.94 Kg
DI :	0.3676 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	74.031 Kg/cm ²
--	---------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 11
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.00
2	0.884	233.26
3	1.524	508.32
4	1.753	786.78
5	1.930	858.85
6	2.063	1185.93
7	2.465	1985.93
8	3.070	2976.97
9	3.546	3549.68
10	4.120	4582.52
11	4.657	5917.27
12	5.46	6752.67
13	6.345	7262.26
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	7262.26 Kg
P' :	1985.93 Kg
DI :	0.2465 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>76.352 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 12
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.25	185.78
3	0.53	396.39
4	0.93	593.01
5	1.42	850.84
6	1.84	1025.54
7	2.35	1306.75
8	3.25	1788.19
9	4.23	2010.84
10	4.65	2278.55
11	5.23	2612.05
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	2612.05 Kg
P' :	1788.19 Kg
DI :	0.3252 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>70.125 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 13
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.25	182.85
3	0.53	374.95
4	0.93	616.03
5	1.42	785.78
6	1.84	1019.55
7	2.35	1165.23
8	3.25	1594.54
9	4.23	1793.08
10	4.65	2031.80
11	5.76	2329.18
12	6.76	3025.35
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	4.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3025.35 Kg
P' :	1165.23 Kg
DI :	0.2350 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	58.262 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 14
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	204.95
3	1.52	432.69
4	1.75	622.60
5	1.93	886.98
6	2.76	1136.07
7	3.57	1377.15
8	4.25	1781.47
9	4.82	2528.50
10	5.16	3315.79
11	5.67	3744.12
12	6.77	4518.55
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	4518.55 Kg
P' :	1781.47 Kg
DI :	0.4246 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	70.553 Kg/cm ²
--	---------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 15
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	1.74	370.96
3	2.15	697.53
4	2.45	946.85
5	3.35	1274.79
6	3.74	1434.25
7	4.25	1707.95
8	4.71	2340.00
9	5.13	2834.25
10	5.82	3406.85
11	6.34	3857.53
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.80 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3857.53 Kg
P' :	1707.95 Kg
DI :	0.4254 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>69.712 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 16
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.54	375.56
3	0.84	621.46
4	1.34	915.55
5	1.84	1085.44
6	2.43	1367.61
7	3.53	1815.20
8	4.53	2340.29
9	5.15	2705.41
10	5.81	3323.40
11	7.32	4674.62
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	4674.62 Kg
P' :	1815.20 Kg
DI :	0.3530 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>74.090 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 17
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.35	169.82
3	0.65	362.33
4	0.92	542.07
5	1.56	777.75
6	1.86	1152.86
7	2.40	1416.52
8	3.27	1612.56
9	4.15	1857.93
10	4.88	2053.74
11	5.46	2387.67
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	2387.67 Kg
P' :	1416.52 Kg
DI :	0.2400 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>56.683 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 18
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	371.87
3	1.52	729.32
4	1.75	1056.21
5	2.14	1588.93
6	2.46	2165.47
7	2.76	2487.17
8	3.45	2954.74
9	3.76	3646.01
10	4.56	4849.24
11	5.83	5969.44
12	6.43	6597.29
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	6597.29 Kg
P' :	2487.17 Kg
DI :	0.2760 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>97.536 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 19
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.35	162.21
3	0.65	322.86
4	0.92	555.34
5	1.24	713.64
6	1.75	891.47
7	2.40	1217.06
8	3.27	1472.97
9	4.28	1710.13
10	4.66	1887.96
11	5.76	2115.95
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	2115.95 Kg
P' :	1217.06 Kg
DI :	0.2400 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>47.728 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 20
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.54	712.72
3	0.84	1060.12
4	1.34	1238.73
5	1.83	1644.51
6	2.44	1985.55
7	4.52	2608.67
8	5.62	3717.92
9	6.32	4117.34
10	6.82	4867.63
11	7.32	5439.31
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	5439.31 Kg
P' :	1985.55 Kg
DI :	0.2436 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>77.865 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 21
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.31	206.18
3	0.83	517.70
4	1.25	768.26
5	1.85	1053.93
6	2.25	1304.78
7	2.63	1594.94
8	3.46	1751.12
9	4.67	2373.88
10	5.24	2935.96
11	6.23	3601.12
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	3601.12 Kg
P' :	1594.94 Kg
DI :	0.2630 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>63.179 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 22
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.00
2	0.724	143.48
3	1.235	475.17
4	1.845	673.25
5	2.154	978.33
6	2.844	1308.09
7	3.345	1579.15
8	4.346	1769.82
9	5.234	2044.17
10	6.345	2237.04
11	7.324	2453.22
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	4.90 cm
P :	2453.22 Kg
P' :	1579.15 Kg
DI :	0.3345 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>64.455 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 23
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.63	295.67
3	1.25	725.59
4	1.65	1127.95
5	1.93	1439.76
6	2.75	1860.63
7	3.44	2301.18
8	4.22	2454.33
9	4.83	2883.46
10	5.72	3327.95
11	6.34	3677.56
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3677.56 Kg
P' :	2301.18 Kg
DI :	0.3435 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>92.977 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 24
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.94	238.14
3	1.42	435.88
4	1.73	687.85
5	1.93	975.42
6	2.35	1290.11
7	2.83	1761.02
8	3.46	2069.21
9	4.46	2438.70
10	5.66	2695.48
11	6.45	2946.61
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	4.95 cm
P :	2946.61 Kg
P' :	1761.02 Kg
DI :	0.2835 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>72.604 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 25
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.00
2	0.884	180.56
3	1.234	319.34
4	1.635	494.63
5	2.024	692.17
6	2.465	1021.67
7	3.654	1683.00
8	4.456	1824.13
9	5.352	2076.13
10	6.362	2446.61
11	7.234	3012.30
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3012.30 Kg
P' :	1683.00 Kg
DI :	0.3654 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>67.320 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 26
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.35	250.00
3	0.83	535.33
4	1.27	818.86
5	1.64	1094.01
6	2.16	1390.72
7	2.95	1725.15
8	3.65	2165.87
9	4.65	2531.74
10	5.77	3157.49
11	6.75	3696.41
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3696.41 Kg
P' :	1725.15 Kg
DI :	0.2946 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>69.703 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 27
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	209.88
3	1.52	495.65
4	1.75	728.06
5	1.93	1049.01
6	2.16	1485.38
7	2.83	1925.296443
8	3.46	2285.38
9	4.16	2700.40
10	4.84	2859.29
11	5.67	3693.68
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	3693.68 Kg
P' :	1925.30 Kg
DI :	0.2835 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	77.805 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 28
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.78	248.43
3	1.32	563.23
4	1.93	876.23
5	2.64	1284.30
6	3.15	1639.91
7	3.95	2231.39
8	4.68	2457.85
9	5.54	2795.52
10	6.23	3284.30
11	7.43	3742.15
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3742.15 Kg
P' :	2231.39 Kg
DI :	0.3945 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	88.372 Kg/cm ²
--	---------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 29
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	97.98
3	1.24	273.64
4	1.83	428.68
5	2.30	536.59
6	2.76	725.27
7	3.15	1014.42
8	3.77	1290.54
9	4.57	1668.37
10	5.69	1772.87
11	6.32	1910.54
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	1910.54 Kg
P' :	1668.37 Kg
DI :	0.4567 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	65.426 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 30
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.75	424.57
3	1.11	717.71
4	1.75	1048.00
5	2.05	1517.71
6	2.65	2089.71
7	3.14	2609.14
8	3.74	2928.00
9	4.15	3562.29
10	4.73	4194.86
11	5.76	4711.43
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	4711.43 Kg
P' :	2609.14 Kg
DI :	0.3143 cm

CALCULOS

$\text{Esfuerzo limite proporcionalidad} = \frac{P'}{A}$	101.306 Kg/cm ²
--	----------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 31
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.74	585.19
3	1.14	1067.01
4	1.73	1563.50
5	2.15	2019.14
6	2.55	2309.51
7	3.01	3028.72
8	3.88	3650.93
9	4.24	4403.96
10	4.91	5433.31
11	5.15	6071.47
12	5.67	7239.95
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	4.95 cm
Espesor :	5.05 cm
P :	7239.95 Kg
P' :	3028.72 Kg
DI :	0.3014 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>121.161 Kg/cm²</p>
--	----------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 32
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.35	298.78
3	0.84	677.64
4	1.35	1077.64
5	1.63	1486.59
6	1.93	1936.99
7	2.15	2127.64
8	2.85	2977.24
9	3.17	3959.76
10	3.66	4648.37
11	4.68	5875.20
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	4.90 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	5875.20 Kg
P' :	2127.64 Kg
DI :	0.2154 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>85.140 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 33
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.68	254.28
3	1.26	647.09
4	1.75	1051.88
5	2.15	1514.82
6	2.85	2038.77
7	3.15	2651.65
8	3.85	3615.74
9	4.15	4809.01
10	4.68	5315.85
11	5.77	5941.85
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	4.95 cm
P :	5941.85 Kg
P' :	2651.65 Kg
DI :	0.3153 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>107.138 Kg/cm²</p>
--	----------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 34
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.75	198.08
3	1.26	387.67
4	1.86	701.64
5	2.24	943.84
6	2.65	1251.23
7	3.27	1707.95
8	3.85	2011.23
9	4.15	2280.55
10	4.82	2614.52
11	5.68	3160.00
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3160.00 Kg
P' :	1707.95 Kg
DI :	0.3267 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>68.318 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 35
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.83	423.56
3	1.25	701.92
4	1.75	975.62
5	2.15	1275.89
6	2.85	1433.97
7	3.25	1769.315068
8	3.85	1982.19
9	4.15	2645.75
10	4.82	3132.05
11	5.66	3680.55
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	3680.55 Kg
P' :	1769.32 Kg
DI :	0.3254 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	70.072 Kg/cm ²
--	---------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 36
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	265.55
3	1.52	366.60
4	1.75	578.99
5	1.93	749.37
6	2.16	975.84
7	2.26	1374.37
8	2.83	1771.85
9	3.17	1985.71
10	3.85	2425.63
11	4.57	2612.39
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	5.05 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	2612.39 Kg
P' :	1374.37 Kg
DI :	0.2261 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	54.430 Kg/cm ²
--	---------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 37
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.73	273.63
3	1.25	469.73
4	1.75	645.13
5	1.93	824.25
6	2.25	1103.36
7	2.74	1463.01
8	3.15	1634.34
9	3.86	2096.46
10	4.01	2449.91
11	4.68	2750.44
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	2750.44 Kg
P' :	1463.01 Kg
DI :	0.2744 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>58.520 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 38
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.64	803.85
3	0.95	1181.41
4	1.46	1630.13
5	1.84	1893.59
6	2.16	2019.87
7	2.45	2470.51
8	2.85	4187.18
9	3.17	4766.03
10	3.75	5404.49
11	4.65	6366.67
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.90 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.00 cm
P :	6366.67 Kg
P' :	2470.51 Kg
DI :	0.2446 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad = $\frac{P'}{A}$</i></p>	<p>96.883 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



NUMERO DE PROBETA		N° 39
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.78	212.25
3	1.25	463.25
4	1.66	738.50
5	1.89	914.25
6	2.05	1303.25
7	2.25	1623.75
8	2.88	1923.25
9	3.15	2061.25
10	3.84	2308.50
11	4.76	2649.75
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	15.00 cm
Ancho :	5.00 cm
Espesor :	5.01 cm
P :	2649.75 Kg
P' :	1623.75 Kg
DI :	0.2254 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>64.820 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------

NUMERO DE PROBETA		N° 40
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.73	169.00
3	1.33	354.40
4	1.84	496.60
5	2.11	691.20
6	2.84	1175.20
7	3.55	1518.60
8	4.13	1650.40
9	4.98	1890.40
10	5.25	2090.20
11	5.67	2206.40
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	14.95 cm
Ancho :	5.10 cm
Espesor :	5.10 cm
P :	2206.40 Kg
P' :	1518.60 Kg
DI :	0.3546 cm

CALCULOS

<p><i>Esfuerzo limite</i> <i>proporcionalidad</i> = $\frac{P'}{A}$</p>	<p>58.385 Kg/cm²</p>
--	---------------------------------



10.4 Datos de Flexión Estática.

NUMERO DE PROBETA		N° 1
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	50.64
3	1.23	113.24
4	2.32	160.21
5	3.35	211.45
6	4.44	285.53
7	5.32	312.54
8	6.44	325.54
9	7.55	354.54
10	7.84	364.61
11	8.12	383.43
12	8.54	415.21
13	9.65	458.86
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.45 cm
P :	458.86 Kg
P' :	312.54 Kg
DI :	0.5320 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	802.663 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	21409.665 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	546.717 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 2
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.83	44.35
3	1.35	105.52
4	2.55	191.88
5	3.44	237.35
6	4.76	289.57
7	5.30	315.51
8	5.92	336.77
9	6.53	372.12
10	7.65	398.88
11	8.34	431.55
12	9.43	471.57
13	10.11	560.82
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.45 cm
P :	560.82 Kg
P' :	289.57 Kg
DI :	0.4760 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	981.033 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	22169.608 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	506.531 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 3
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	68.12
3	1.23	133.66
4	2.32	182.76
5	3.35	221.45
6	4.44	268.13
7	5.32	305.88
8	6.44	371.41
9	7.44	406.13
10	8.32	425.32
11	9.34	515.76
12	10.43	611.81
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	611.81 Kg
P' :	268.13 Kg
DI :	0.4440 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1088.002 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	22102.953 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	476.826 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 4
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.53	41.65
3	1.12	102.98
4	1.88	171.65
5	2.41	214.09
6	2.98	266.11
7	3.87	312.45
8	4.77	371.90
9	7.13	471.87
10	8.12	514.98
11	9.18	565.32
12	10.68	662.79
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	662.79 Kg
P' :	371.90 Kg
DI :	0.4765 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1159.886 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	27885.996 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	650.825 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 5
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.88	91.65
3	1.46	152.87
4	1.99	195.45
5	2.55	262.87
6	3.78	324.54
7	4.88	371.98
8	5.87	416.78
9	6.49	468.45
10	7.82	576.36
11	8.65	646.45
12	9.81	713.78
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	713.78 Kg
P' :	371.98 Kg
DI :	0.4876 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1269.336 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	27921.823 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	661.507 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 6
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	71.54
3	1.44	173.21
4	2.57	233.11
5	3.54	295.53
6	4.65	312.54
7	6.13	365.50
8	7.46	468.67
9	8.12	515.76
10	9.45	584.63
11	10.54	643.55
12	11.67	764.76
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	764.76 Kg
P' :	312.54 Kg
DI :	0.4650 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1452.181 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	27143.250 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	593.473 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 7	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0.00	
2	0.843	67.77	
3	1.456	89.58	
4	2.512	121.56	
5	3.345	164.23	
6	4.440	251.87	
7	5.320	284.23	
8	6.435	384.32	
9	7.554	491.43	
10	8.951	527.45	
11	9.52	571.67	
12	10.061	598.76	
13	11.32	611.81	
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.47 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	611.81 Kg
P' :	491.43 Kg
DI :	0.7554 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1128.821 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	25526.479 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	906.717 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 8	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0.000	
2	1.520	53.431	
3	2.870	81.420	
4	4.358	124.410	
5	5.460	184.410	
6	7.681	297.588	
7	8.951	360.547	
8	9.840	458.549	
9	10.354	552.780	
10	11.920	597.675	
11	12.85	639.123	
12	13.54	684.988	
13	14.357	713.776	
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.51 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	713.78 Kg
P' :	552.78 Kg
DI :	1.0354 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1194.366 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	18239.149 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	924.971 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA	N° 9	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.680	45.432
3	1.340	65.523
4	1.984	86.892
5	2.561	152.235
6	4.312	256.876
7	5.640	348.326
8	7.510	498.235
9	9.990	539.974
10	11.670	572.346
11	12.259	610.246
12	13.364	683.186
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	683.19 Kg
P' :	498.24 Kg
DI :	0.7510 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1297.281 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	26791.898 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	946.084 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA	N° 10	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	1.512	35.234
3	2.015	50.654
4	2.751	69.287
5	3.870	125.987
6	4.680	164.837
7	5.284	180.876
8	6.009	224.986
9	6.651	287.545
10	7.126	326.292
11	8.657	408.240
12	10.574	489.110
13	11.452	509.840
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	509.84 Kg
P' :	326.29 Kg
DI :	0.7126 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	929.396 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	17751.760 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	594.804 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 11	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0.000	
2	0.940	40.543	
3	1.584	94.765	
4	2.435	152.546	
5	3.557	253.873	
6	5.769	395.270	
7	6.877	497.867	
8	7.987	535.110	
9	8.824	595.174	
10	10.347	666.135	
11	11.434	713.776	
12			
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	713.78 Kg
P' :	497.87 Kg
DI :	0.6877 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1301.154 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	28067.735 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	907.570 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 12	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0.000	
2	0.534	81.432	
3	0.942	106.340	
4	1.243	155.113	
5	1.834	210.510	
6	2.134	245.760	
7	2.734	289.545	
8	3.745	364.650	
9	5.894	482.430	
10	7.340	590.210	
11	8.754	647.675	
12	10.546	683.186	
13			
14			
15			

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.48 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	683.19 Kg
P' :	364.65 Kg
DI :	0.3745 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1255.434 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	38053.372 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	670.087 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 13
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.512	77.768
3	1.270	112.347
4	2.112	154.430
5	2.832	210.734
6	3.843	257.123
7	4.634	294.934
8	6.745	389.623
9	7.830	455.430
10	9.750	498.320
11	11.321	541.764
12	12.453	594.664
13	15.3	764.760
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	764.76 Kg
P' :	455.43 Kg
DI :	0.7830 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1305.603 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	20437.086 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	777.513 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 14
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.66	45.65
3	1.15	81.12
4	1.93	154.73
5	2.64	229.21
6	3.84	301.87
7	4.65	355.18
8	5.73	387.72
9	7.24	406.87
10	8.54	479.89
11	9.50	545.63
12	11.17	594.64
13	12.15	662.79
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.45 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	662.79 Kg
P' :	387.72 Kg
DI :	0.5734 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1232.872 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	26748.607 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	721.208 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 15
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.545	80.560
3	1.123	112.432
4	1.840	171.632
5	2.634	215.612
6	3.754	298.632
7	4.632	378.674
8	5.787	437.613
9	6.723	487.712
10	8.832	563.720
11	9.931	606.620
12	11.44123	669.611
13	12.99234	764.760
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.45 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	764.76 Kg
P' :	487.71 Kg
DI :	0.6723 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1311.017 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	25389.954 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	836.078 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 16
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.93	11.73
3	1.63	64.42
4	2.36	134.00
5	2.94	193.23
6	3.55	244.00
7	4.35	314.23
8	5.52	382.87
9	6.21	442.12
10	7.53	501.31
11	9.92	623.54
12	11.16	713.78
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	713.78 Kg
P' :	314.23 Kg
DI :	0.4345 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1218.562 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	25410.720 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	536.455 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 17
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	1.57	67.09
3	2.97	134.11
4	3.75	222.99
5	4.53	267.87
6	5.17	336.44
7	6.57	427.12
8	7.32	484.71
9	9.64	517.12
10	11.24	555.91
11	12.26	597.20
12	13.24	662.79
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	662.79 Kg
P' :	427.12 Kg
DI :	0.6574 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1113.490 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	22285.243 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	717.567 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 18
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	1.60	55.13
3	2.98	105.67
4	3.82	143.83
5	4.89	172.72
6	6.58	250.82
7	7.50	320.71
8	8.67	475.68
9	9.67	561.86
10	10.87	614.83
11	11.67	690.97
12	12.84	764.76
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	764.76 Kg
P' :	320.71 Kg
DI :	0.7500 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1284.797 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	14667.243 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	538.797 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 19
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.53	54.32
3	0.93	74.89
4	1.66	127.82
5	2.78	190.00
6	3.19	227.92
7	4.67	301.21
8	5.82	357.00
9	7.12	410.00
10	9.14	507.79
11	10.57	583.72
12	11.32	637.21
13	12.43	713.78
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	713.78 Kg
P' :	357.00 Kg
DI :	0.5821 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1218.562 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	21548.018 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	609.473 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 20
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	2.364	96.000
3	4.324	157.000
4	6.571	238.000
5	7.670	275.000
6	8.674	308.000
7	9.951	451.000
8	11.167	579.000
9	12.357	637.000
10	13.084	685.000
11	13.840	734.000
12	14.270	764.760
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	764.76 Kg
P' :	451.00 Kg
DI :	0.9951 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1394.094 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	17570.747 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	822.135 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 21
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	61.23
3	1.51	121.54
4	2.72	178.18
5	3.60	231.80
6	4.56	284.87
7	5.23	312.76
8	6.97	366.33
9	7.55	391.51
10	8.32	428.71
11	9.46	461.35
12	10.35	485.21
13	11.56	509.84
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	509.84 Kg
P' :	312.76 Kg
DI :	0.5230 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	929.396 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	23184.084 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	570.135 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 22
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.64	74.37
3	1.54	141.52
4	2.65	188.84
5	3.46	231.80
6	4.65	284.87
7	6.16	312.76
8	7.43	355.12
9	8.21	422.10
10	9.45	489.45
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.48 cm
Espesor :	2.45 cm
P :	489.45 Kg
P' :	284.87 Kg
DI :	0.4650 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	863.079 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	22505.983 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	502.334 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 23
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.81	71.23
3	1.76	141.54
4	2.80	198.34
5	3.41	231.80
6	4.77	287.67
7	5.33	322.66
8	6.81	353.13
9	7.64	390.01
10	8.52	417.31
11	9.62	461.35
12	10.35	515.21
13	10.84	561.81
14	11.56	611.81
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	611.81 Kg
P' :	322.66 Kg
DI :	0.5330 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1027.837 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	20764.049 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	542.069 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 24
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.61	55.12
3	1.51	151.24
4	2.55	198.38
5	3.35	251.80
6	4.66	294.71
7	5.55	320.06
8	6.67	386.22
9	7.86	428.71
10	9.04	461.35
11	9.88	512.76
12	10.77	560.82
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	560.82 Kg
P' :	320.06 Kg
DI :	0.5546 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	942.184 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	19794.551 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	537.701 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 25
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.83	66.32
3	1.56	141.35
4	2.35	181.16
5	3.58	251.77
6	4.57	285.53
7	5.65	301.54
8	7.23	315.24
9	8.23	364.61
10	9.32	451.34
11	10.35	587.23
12	11.35	665.12
13	12.35	713.78
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.45 cm
P :	713.78 Kg
P' :	285.53 Kg
DI :	0.4567 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	1248.588 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	22784.349 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	499.469 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 26
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	80.34
3	1.51	145.77
4	2.72	217.24
5	3.60	276.25
6	4.56	297.11
7	5.23	312.54
8	7.20	375.54
9	7.85	421.23
10	8.72	465.52
11	9.60	512.45
12	10.83	590.34
13	12.56	683.19
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.48 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	683.19 Kg
P' :	312.54 Kg
DI :	0.5230 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	1255.434 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	23354.613 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	574.329 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 27
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.53	74.32
3	0.98	98.34
4	1.66	136.21
5	2.78	198.88
6	3.19	227.92
7	4.67	292.31
8	5.82	357.61
9	7.12	415.51
10	9.14	527.23
11	10.57	583.72
12	11.32	637.21
13	12.43	713.78
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	713.78 Kg
P' :	357.61 Kg
DI :	0.5821 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1218.562 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	21584.837 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	610.514 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 28
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.68	71.32
3	1.34	121.24
4	1.98	183.59
5	2.56	214.35
6	3.71	287.73
7	4.82	368.23
8	7.51	498.24
9	9.51	539.97
10	10.54	572.35
11	11.43	632.41
12	12.65	683.19
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	683.19 Kg
P' :	498.24 Kg
DI :	0.7510 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1147.752 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	22755.607 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	837.035 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 29
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.83	67.09
3	1.63	134.11
4	2.75	223.29
5	3.55	265.67
6	4.61	338.35
7	5.77	402.13
8	7.34	455.13
9	8.45	484.71
10	9.64	517.12
11	10.46	555.91
12	11.05	597.20
13	11.86	662.79
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	662.79 Kg
P' :	455.13 Kg
DI :	0.7340 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1208.214 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	24039.190 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	829.664 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 30
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.93	10.88
3	1.63	54.13
4	2.36	102.83
5	2.94	151.20
6	3.55	216.62
7	4.35	314.23
8	5.52	382.87
9	6.21	442.12
10	7.53	501.31
11	9.92	623.54
12	11.16	713.78
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	713.78 Kg
P' :	314.23 Kg
DI :	0.4345 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1218.562 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	25410.720 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	536.455 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 31
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.41	86.24
3	0.90	121.35
4	1.81	189.16
5	2.65	251.77
6	3.65	285.53
7	5.15	385.24
8	6.34	444.23
9	8.23	507.27
10	9.32	587.23
11	10.35	665.12
12	11.35	713.78
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	713.78 Kg
P' :	444.23 Kg
DI :	0.6340 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1199.143 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	24033.263 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	746.306 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 32
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	82.44
3	1.51	165.21
4	2.72	237.22
5	3.60	272.11
6	4.56	298.76
7	5.23	310.54
8	7.11	375.54
9	7.85	401.23
10	8.72	435.12
11	9.47	482.01
12	10.55	552.34
13	11.34	618.23
14	11.88	683.19
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	683.19 Kg
P' :	298.76 Kg
DI :	0.4560 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1166.338 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	23020.604 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	510.045 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 33
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.36	45.65
3	1.08	111.23
4	1.93	187.71
5	2.75	259.21
6	3.64	321.81
7	4.65	365.17
8	5.73	426.74
9	7.24	464.13
10	8.54	495.83
11	9.50	545.63
12	11.17	594.64
13	12.15	662.79
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.48 cm
Espesor :	2.45 cm
P :	662.79 Kg
P' :	426.74 Kg
DI :	0.5734 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1168.753 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	27339.762 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	752.504 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 34
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.87	71.23
3	1.77	141.54
4	2.65	198.34
5	3.88	261.80
6	4.88	298.75
7	5.33	302.23
8	6.81	353.13
9	7.64	390.01
10	8.52	417.31
11	9.62	461.35
12	10.35	515.21
13	10.84	561.81
14	11.56	611.81
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.48 cm
Espesor :	2.45 cm
P :	611.81 Kg
P' :	302.23 Kg
DI :	0.5330 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1078.849 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	20831.214 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	532.946 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 35
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.68	84.24
3	1.34	159.56
4	1.98	213.77
5	2.56	252.64
6	3.71	337.15
7	4.82	398.65
8	6.76	498.24
9	8.45	539.97
10	9.28	572.35
11	10.44	632.41
12	11.55	683.19
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	683.19 Kg
P' :	498.24 Kg
DI :	0.6760 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1166.338 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	25896.832 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	850.590 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 36
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.53	75.85
3	0.73	105.65
4	1.24	182.36
5	1.83	228.74
6	2.43	277.89
7	2.73	315.47
8	3.75	364.65
9	4.91	461.74
10	6.72	583.73
11	7.72	647.68
12	9.51	683.19
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.48 cm
P :	683.19 Kg
P' :	364.65 Kg
DI :	0.3745 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$	1166.338 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	34212.397 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	622.533 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 37
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.75	11.73
3	1.76	64.42
4	2.16	121.74
5	2.94	199.23
6	3.55	298.56
7	4.35	388.23
8	5.13	452.87
9	6.14	482.23
10	8.23	501.31
11	9.92	623.54
12	11.16	713.78
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	713.78 Kg
P' :	482.23 Kg
DI :	0.6136 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	1199.143 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	26956.468 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	810.146 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 38
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.72	96.61
3	1.35	157.35
4	2.45	238.65
5	3.54	272.77
6	5.77	380.51
7	6.88	454.77
8	8.35	582.45
9	10.23	630.51
10	13.08	682.81
11	14.27	764.76
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	764.76 Kg
P' :	582.45 Kg
DI :	0.8345 cm

CALCULOS

Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	1284.797 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$	23940.126 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$	978.516 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 39
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0
2	0.723	50.64
3	1.230	113.24
4	2.324	160.21
5	3.345	211.45
6	4.440	285.53
7	5.320	312.54
8	6.435	325.54
9	7.554	354.54
10	7.842	364.6123
11	8.12	383.432
12	8.5432	415.21
13	9.654	458.8559
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.50 cm
P :	764.76 Kg
P' :	312.54 Kg
DI :	0.5320 cm

CALCULOS		
Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$		1284.797 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$		20150.605 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$		525.067 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 40
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.00	0.00
2	0.38	85.44
3	0.84	126.25
4	1.74	181.33
5	2.88	264.72
6	3.78	275.03
7	5.51	382.21
8	6.22	440.33
9	7.84	513.57
10	9.52	587.23
11	10.35	665.12
12	11.35	713.78
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	17.50 cm
Ancho :	2.50 cm
Espesor :	2.40 cm
P :	713.78 Kg
P' :	440.33 Kg
DI :	0.6220 cm

CALCULOS		
Modulo de ruptura (MOR) = $\frac{3P L}{2ae^2}$		1301.154 Kg/cm ²
Modulo de elasticidad (MOE) = $\frac{P'L^3}{4ae^3Y}$		27445.321 Kg/cm ²
Esfuerzo limite proporcionalidad = $\frac{3P'L}{2ae^2}$		802.685 Kg/cm ²



10.5 Datos de Tensión Paralela a la fibra.

NUMERO DE PROBETA		N° 1
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.042	49.230
3	0.081	88.434
4	0.134	125.650
5	0.204	180.430
6	0.300	265.500
7	0.426	315.760
8	0.621	380.213
9	0.721	411.321
10	0.987	458.860
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.10 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	458.86 Kg
P' :	265.50 Kg
DI :	0.0300 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	91136.170 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	390.519 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 2
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.085	70.786
3	0.160	125.090
4	0.306	180.120
5	0.441	240.510
6	0.591	284.870
7	0.676	311.870
8	0.725	378.230
9	0.791	423.660
10	0.891	469.050
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.55 cm
P :	469.05 Kg
P' :	311.87 Kg
DI :	0.0676 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	42115.312 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	355.341 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 3
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.056	38.430
3	0.085	69.321
4	0.148	104.880
5	0.275	160.457
6	0.439	215.760
7	0.502	314.120
8	0.681	387.480
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA

Luz :	12.00 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.55 cm
P :	387.48 Kg
P' :	215.76 Kg
DI :	0.0439 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	45620.306 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	299.791 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 4
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.072	57.787
3	0.143	101.310
4	0.250	180.132
5	0.375	265.587
6	0.540	295.540
7	0.734	325.540
8	0.843	370.410
9	0.934	428.270
10		
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA

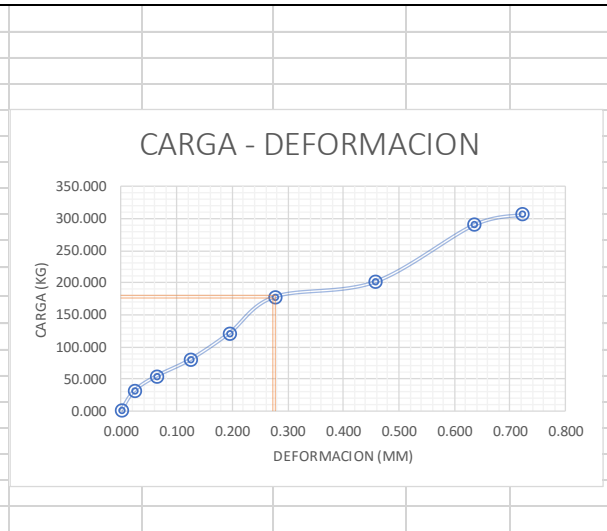
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	428.27 Kg
P' :	265.59 Kg
DI :	0.0375 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	71118.297 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	356.892 Kg/cm ²



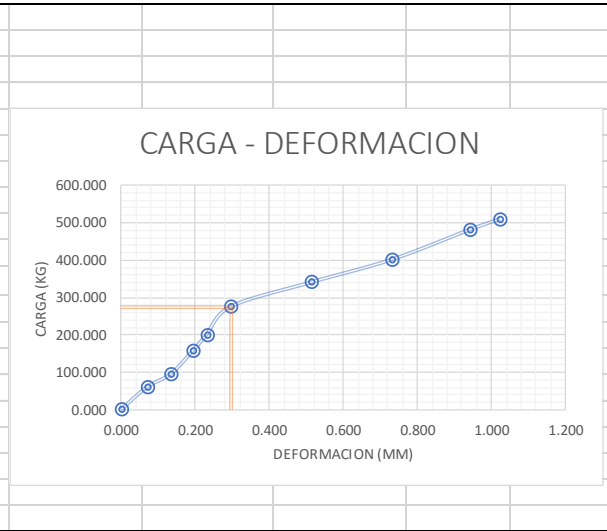
NUMERO DE PROBETA	N° 5	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.024	31.432
3	0.063	54.234
4	0.124	80.240
5	0.194	121.230
6	0.276	178.130
7	0.456	201.310
8	0.635	290.213
9	0.721	305.900
10		
11		
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.55 cm
P :	305.90 Kg
P' :	178.13 Kg
DI :	0.0276 cm

CALCULOS	
$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	60170.619 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	236.673 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA	N° 6	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.070	60.650
3	0.134	95.670
4	0.193	156.870
5	0.231	200.564
6	0.297	275.780
7	0.512	340.546
8	0.731	401.430
9	0.943	481.890
10	1.023	509.840
11		
12		
13		
14		
15		



DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.55 cm
P :	509.84 Kg
P' :	275.78 Kg
DI :	0.0297 cm

CALCULOS	
$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	86715.067 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	394.460 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 7
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.035	49.230
3	0.095	88.434
4	0.166	125.650
5	0.245	180.430
6	0.377	265.500
7	0.523	315.760
8	0.634	485.213
9	0.845	531.321
10	0.943	560.820
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	560.82 Kg
P' :	315.76 Kg
DI :	0.0523 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	61868.926 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	477.294 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 8
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.054	51.450
3	0.134	79.532
4	0.195	131.120
5	0.315	191.168
6	0.413	255.760
7	0.513	425.213
8	0.673	485.190
9	0.780	560.820
10		
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.00 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.55 cm
P :	560.82 Kg
P' :	255.76 Kg
DI :	0.0413 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	56297.601 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	424.864 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 9
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.077	49.230
3	0.124	88.434
4	0.194	125.650
5	0.301	211.430
6	0.401	265.500
7	0.521	425.545
8	0.682	494.450
9	0.832	511.650
10	0.901	560.820
11		
12		
13		
14		
15		

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	560.82 Kg
P' :	265.50 Kg
DI :	0.0401 cm

CALCULOS

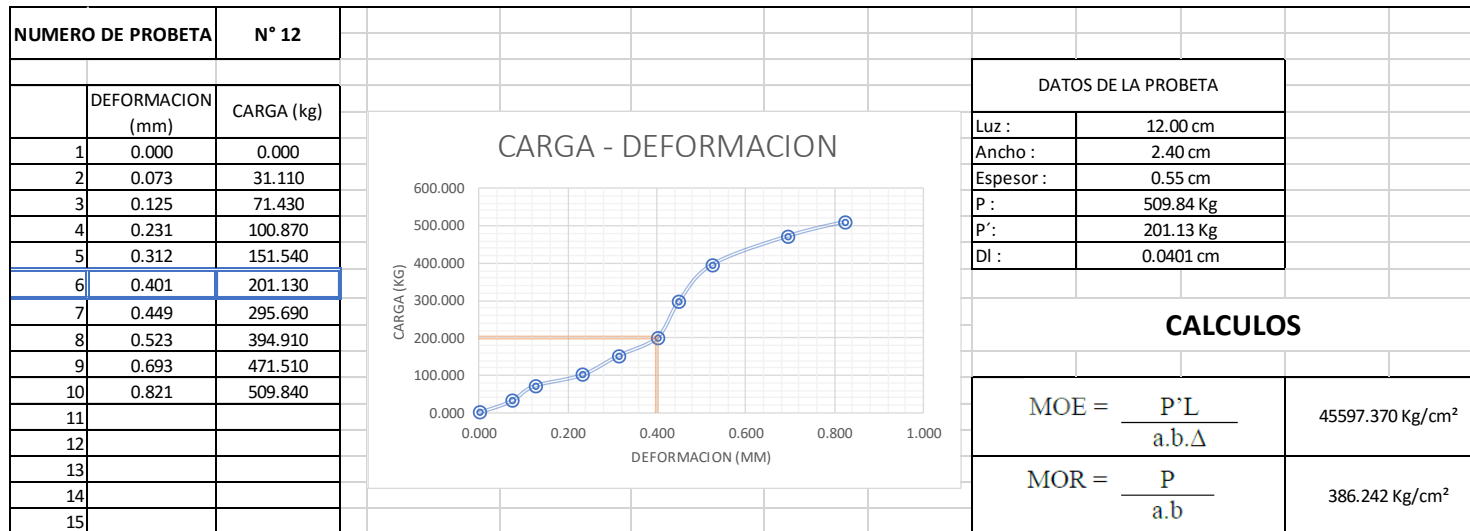
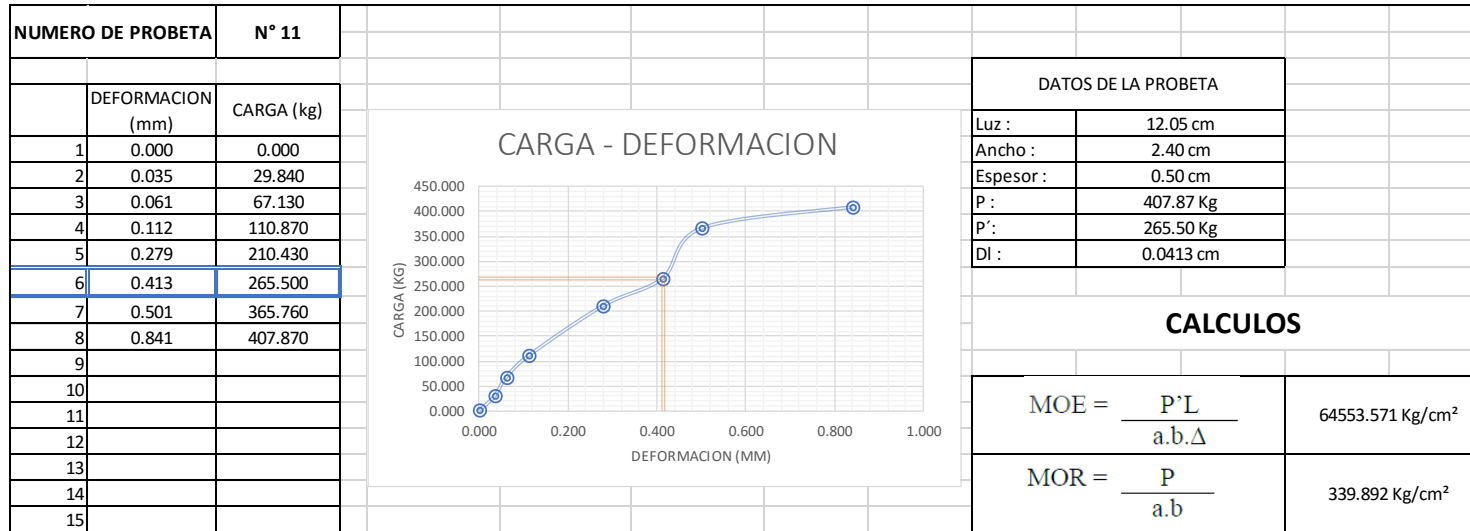
$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	67861.008 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	477.294 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 10
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.055	51.546
3	0.124	84.345
4	0.243	143.980
5	0.432	234.654
6	0.512	465.123
7	0.741	662.790
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.00 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.55 cm
P :	662.79 Kg
P' :	234.65 Kg
DI :	0.0432 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	49380.051 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	502.114 Kg/cm ²





NUMERO DE PROBETA		N° 13
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.074	37.430
3	0.148	90.210
4	0.251	145.870
5	0.285	245.610
6	0.375	312.840
7	0.541	425.680
8	0.743	509.840
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.00 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	509.84 Kg
P' :	145.87 Kg
DI :	0.0251 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	58115.538 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	424.867 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 14
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.068	52.220
3	0.100	91.110
4	0.188	136.780
5	0.265	195.710
6	0.432	301.140
7	0.480	415.760
8	0.572	487.660
9	0.770	563.230
10	0.911	611.810
11		
12		
13		
14		
15		

CARGA - DEFORMACION

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	611.81 Kg
P' :	301.14 Kg
DI :	0.0432 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	71471.576 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	520.689 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 15
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.075	65.780
3	0.104	104.450
4	0.175	157.980
5	0.285	204.670
6	0.361	291.170
7	0.421	368.990
8	0.571	401.780
9	0.712	478.000
10	0.834	509.840
11		
12		
13		
14		
15		

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.00 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	509.84 Kg
P' :	368.99 Kg
DI :	0.0421 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	87646.081 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	424.867 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 16
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)
1	0.000	0.000
2	0.033	49.230
3	0.092	88.434
4	0.154	125.650
5	0.254	180.430
6	0.310	265.500
7	0.414	294.540
8	0.512	305.900
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.35 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	305.90 Kg
P' :	180.43 Kg
DI :	0.0254 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	72849.104 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	260.340 Kg/cm ²



NUMERO DE PROBETA		N° 17	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0.000	
2	0.058	36.660	
3	0.094	72.110	
4	0.154	163.640	
5	0.185	201.450	
6	0.255	287.500	
7	0.432	315.760	
8	0.543	401.450	
9	0.721	471.754	
10	0.814	509.840	
11			
12			
13			
14			
15			

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.05 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.50 cm
P :	509.84 Kg
P' :	287.50 Kg
DI :	0.0255 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	113303.735 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	424.867 Kg/cm ²

NUMERO DE PROBETA		N° 18	
	DEFORMACION (mm)	CARGA (kg)	
1	0.000	0.000	
2	0.093	90.213	
3	0.165	124.450	
4	0.251	183.230	
5	0.301	207.210	
6	0.488	265.680	
7	0.550	331.710	
8	0.612	380.213	
9	0.735	425.210	
10	0.842	458.860	
11			
12			
13			
14			
15			

DATOS DE LA PROBETA	
Luz :	12.00 cm
Ancho :	2.40 cm
Espesor :	0.52 cm
P :	458.86 Kg
P' :	265.68 Kg
DI :	0.0488 cm

CALCULOS

$MOE = \frac{P'L}{a.b.\Delta}$	52401.292 Kg/cm ²
$MOR = \frac{P}{a.b}$	367.676 Kg/cm ²