

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la
construcción de puentes peatonales**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Jose Manuel Garcia Gonzales

ASESOR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

<https://orcid.org/0000-0001-9321-2501>

Chiclayo, 2025

Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales

PRESENTADA POR

Jose Manuel Garcia Gonzales

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Jorge Álvarez Ruffrán

PRESIDENTE

José Alberto Acero Martínez

SECRETARIO

Segundo Guillermo Carranza Cieza

VOCAL

Dedicatoria

Dedico esta investigación a mis padres Maritza y Héctor, quienes han sido el motivo e impulso de mi día a día, por su constante sacrificio, esfuerzo y perseverancia.

Asimismo, dedico esta investigación a mi compañera de vida, Mariella Abigail, quien ha estado presente para darme el impulso de seguir adelante y nunca rendirme.

Finalmente le dedico esta investigación a mis hermanos Marjorie por ser mi ejemplo e inspiración a seguir y Josdan por demostrarme que la constancia y la disciplina pueden lograrlo todo.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme lograr superar cada situación y transformarlas en aprendizaje para alcanzar todas mis metas propuestas.

Mi eterna gratitud a mi familia y mi pareja por su apoyo incondicional y consejos llenos de amor y sabiduría brindados.

Finalmente, mi completo agradecimiento a mis docentes del curso, quienes forjaron cada conocimiento a lo largo de estos años para convertirme en un gran profesional

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	4%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	revistas.tec.ac.cr Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1%
8	biblioteca.uajms.edu.bo Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
11	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	<1%
12	www.dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
13	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1%
14	digibug.ugr.es Fuente de Internet	<1%

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción.....	14
Revisión de la literatura.....	18
<i>Antecedentes históricos:</i>	18
<i>Antecedentes internacionales:</i>	18
<i>Antecedentes nacionales:</i>	19
<i>Antecedentes teóricos:</i>	20
<i>Antecedentes empíricos:</i>	20
Bases legales y referencias normativas:.....	21
Definición de términos:	22
Bases teóricas:.....	27
Materiales y métodos.....	55
Desarrollo de la investigación.....	57
Resultados y discusión.....	112
Conclusiones	117
Recomendaciones	118
Referencias	119
Anexos	122

Lista de tablas

Tabla 1.- Tabla de comparación de resultados	20
Tabla 2.- Tabla % contenido de humedad.....	28
Tabla 3.- Composición interna del Bambú Guadua A.:	28
Tabla 4.- Esfuerzos Admisibles N.T.P. E.100:.....	29
Tabla 5.- Esfuerzos Admisibles AIS COLOMBIANA 2010	30
Tabla 6.- Comparación Esfuerzos Admisibles NTP E.100 vs AIS COLOMBIANA 2010	30
Tabla 7.- Tabla Coeficientes C.I. [12]	37
Tabla 8.- Tabla Coeficientes C.P. [12]	39
Tabla 9.- Tabla de Combinación de Cargas de Diseño	41
Tabla 10.- Cuadro Comparativo de Uniones	42
Tabla 11.- Cargas Adm. de unión en Pernos	54
Tabla 12.- PROTOCOLO DE DEFLEXION - Lectura de datos – Fuente: Propia.....	66
Tabla 13.- Recopilación de Datos expresados en Variable.....	71
Tabla 14.- Tabla Resultados Ensayo a Compresión	72
Tabla 15.- Tabla Resultado Promedio Compresión en Mpa.....	72
Tabla 16.- Tabla de Resultados de Ensayo a Flexión	73
Tabla 17.- Tabla Resultado Promedio Flexión en Mpa.....	73
Tabla 18.- Tabla de Resultados de Ensayo a Corte.....	74
Tabla 19.- Tabla Resultado Promedio Corte en Mpa	74
Tabla 20.- Tabla de Resultados de Tracción a Corte	75
Tabla 21.- Tabla Resultado Promedio Tracción en Mpa.....	75
Tabla 22.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Compresión	76
Tabla 23.- Esquema comparativo Esfuerzos Admisibles a Compresión	76
Tabla 24.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Flexión	77
Tabla 25.- Esquema comparativa Esfuerzos Admisibles a Flexión	77
Tabla 26.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Corte.....	78
Tabla 27.- Esquema comparativa Esfuerzos Admisibles a Corte.....	78
Tabla 28.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Tracción	79
Tabla 29.- Esquema comparativa Esfuerzos Admisibles a Tracción	79
Tabla 30.- Cuadro Variable Y - MATERIAL ESTRUCTURAL	80
Tabla 31.- Tabla N°8.5 del Reglamento E.100. BAMBU.....	88
Tabla 32.- Tabla de Cantidad de Piezas y Peso de la estructura	102
Tabla 33.- Tabla de Lista de Materiales, longitud y peso totaltes.....	102
Tabla 34.- Tabla Fuerzas Cortantes en la base por Sismo con apoyos fijos	106
Tabla 35.- Cargas actuantes en cada caso de carga en ratios	106
Tabla 36.- Tabla de esfuerzos admisibles según norma E.100 y ensayos de laboratorio	110

Lista de ilustraciones

Ilustración 1.- Método de medición promedio de secciones de Culmos.....	31
Ilustración 2.- Sección a Tracción y Fuerzas actuantes	33
Ilustración 3.- Resistencia a la Compresión.....	34
Ilustración 4.- Deformación Resistencia a la Flexión.....	35
Ilustración 5.- Esfuerzos Cortantes.....	36
Ilustración 6.- Dimensión secciones para vigas compuestas [12]	37
Ilustración 7.- Estabilidad por Conectores en paralelo	38
Ilustración 8.- Cargas vivas en puentes	40
Ilustración 9.- Cargas Muertas en Puentes	40
Ilustración 10.- Unión simple	43
Ilustración 11.- Unión por Amarre	43
Ilustración 12.- Guadua con Nudo en su Extremo	44
Ilustración 13.- Guadua a Descartar - Guaduas con Florecimiento o tronco muy torcido	44
Ilustración 14.- Guadua a Descartar - Vigas clavadas lateralmente a columnas	44
Ilustración 15.- Guadua a Descartar - No emplear Cuerdas desgastadas, elásticas o mal amarradas .	45
Ilustración 16.- Guadua a Descartar - No propinar golpes en Guaduas sin nodos en extremos	45
Ilustración 17.- Tipos de Uniones.....	45
Ilustración 18.- Anclaje en columnas con elementos verticales incl. refuerzo de acero	46
Ilustración 19.- Anclaje en columnas con elementos verticales incl. pasador y refuerzo de acero.....	46
Ilustración 20.- Ilustración 15.- Anclaje en columnas con elementos verticales incl. pasador y pernos y refuerzo de acero con soleras	46
Ilustración 21.- Intersección de viga y columna con tiras propias del culmo columna.....	47
Ilustración 22.- Correas con doble abrazaderas de 3 perforaciones.....	47
Ilustración 23.- Intersección de columna con diagonales	47
Ilustración 24.- Unión con amarre de correas entre	47
Ilustración 25.- Unión con pasador	48
Ilustración 26.- Unión interna	48
Ilustración 27.- Combinación de amarres y pasadores para las uniones.....	49
Ilustración 28.- Uniones internas por penetración del culmo.....	49
Ilustración 29.- Uniones a tensión con tornillos de acero.....	49
Ilustración 30.- Uniones con elementos de madera	50
Ilustración 31.- Uniones con placas de material madera y material de acero.....	50
Ilustración 32.- Estructuras unidas de manera tridimensional	51
Ilustración 33.- Vigas conformadas por 4 elementos.....	51
Ilustración 34.- Viga doble central	51
Ilustración 35.- Viga lateral doble	52
Ilustración 36.- Dos vigas laterales dobles	52
Ilustración 37.- Uniones con varillas de acero.....	52
Ilustración 38.- Varilla de acero con vertido de mortero en uniones	53
Ilustración 39.- Mortero con varillas de acero	53
Ilustración 40.- Uniones sujetas con cintas y varillas de acero	53
Ilustración 41.- Puente peatonal tipo atirantado realizado en la Isla de Java - Indonesia (1890).....	58
Ilustración 42.- Puente colgante templado.....	58
Ilustración 43.- Puente tipo Arco - Paez Bridge (1998) elaborado por Jorg Stamm	59
Ilustración 44.- Puente de Bambú y Fibra de Vidrio - Hunan - Daozi (2007)	60
Ilustración 45.- Vigas sobre pilares verticales	60

Ilustración 46.- Cercha Rey Sencilla, doble y cuatriple.....	61
Ilustración 47.- Viga sobre "Diagonales"	61
Ilustración 48.- Combinación de Cercha Rey con Vigas	61
Ilustración 49.- Arco y Tensores - Arco Laminado.....	62
Ilustración 50.- Cerchas: Howe, Town y Warren - Cercha Rey, Arco y diagonales	62
Ilustración 51.- Dimensiones de prototipo de estructura de bambú a ensayar	63
Ilustración 52.- Dimensiones de Zanja, manteniendo la luz de referencia establecida en los objetivos	63
Ilustración 53.- Plano detalle de ensayo	64
Ilustración 54.- Sistema de apoyo y sistema para ubicar cargas suspendidas	64
Ilustración 55.- Lectura en ensayo de deflexión con cargas de 50Kg	65
Ilustración 56.- Lectura en ensayo de deflexión con cargas de 100Kg.....	65
Ilustración 57.- Comportamiento Deflexión de una viga	67
Ilustración 58.- Comportamiento Deflexión con dos Vigas.....	67
Ilustración 59.- Arco de Carga	68
Ilustración 60.- Cercha Howe	69
Ilustración 61.- Zona Sísmica RNE	70
Ilustración 62.- Equipo Maquina a Compresión y Flexión H3.....	71
Ilustración 63.- Equipo Maquina a Tracción.....	71
Ilustración 64.- Predimensionamiento Puente Peatonal Bambú – Tipología y Dimensiones	82
Ilustración 65.- Vista Isométrica - Predimensionamiento 3D Puente Peatonal de Bambú.....	82
Ilustración 66.- Creación de Capas - AutoCAD 2025	83
Ilustración 67.- Estructura 3D modelado para exportación a SAP2000	83
Ilustración 68.- Exportación a Sap2000 - Guardado drawing.....	84
Ilustración 69.- Exportación a Sap2000 - Guardado AutoCAD 2018 DXF	84
Ilustración 70.- Importar AutoCAD.dfx file.....	85
Ilustración 71.- Selección de Archivo Predimensionamiento.....	85
Ilustración 72.- Se importa desde el Eje Z positivo	85
Ilustración 73.- Partes Piezas de Bambú utilizados	87
Ilustración 74.- Define/Materials	88
Ilustración 75.- Add New Material	88
Ilustración 76.- Region/ Material type/ Standard grade	89
Ilustración 77.- Material Property Data	89
Ilustración 78.- Sección Transversal del material.....	90
Ilustración 79.- Define/ Section Properties/Frame Sections.....	90
Ilustración 80.- Frame Properties/ add new property/ section designer	91
Ilustración 81.- Section Data	91
Ilustración 82.- Define Response Sepectrum Functions - R=3	94
Ilustración 83.- Cortante	95
Ilustración 84.- Asignación de Cargas - Carga Muerta Determinada por peso propio.....	96
Ilustración 85.- Asignación de Cargas de sismo dinámicas	96
Ilustración 86.- Asignación de Cargas - Combinación de Cargas.....	97
Ilustración 87.- Aplicación de Cargas	99
Ilustración 88.- Restricción Desplazamientos y Momento.....	100
Ilustración 89.- Liberación de Nudos en la Estructura	100
Ilustración 90.- Estructura SPACE FRAME	101
Ilustración 91.- Procesamiento del Análisis de cargas	101
Ilustración 92.- Diagrama de Fuerza Axial - Carga Muerta.....	103
Ilustración 93.- Diagrama de Fuerza Axial - Carga Viva	103

Ilustración 94.- Diagrama de Fuerza Axial - Por sismo	103
Ilustración 95.- Diagrama de Fuerza Axial - Envoltente por viento	104
Ilustración 96.- Diagrama de Fuerza Cortante - Envoltente por Sismo	104
Ilustración 97.- Diagrama de Fuerza Cortante - Envoltente por Viento	104
Ilustración 98.- Diagrama de Momento Flector - Envoltente por Sismo	105
Ilustración 99.- Diagrama de Momento Flector - Envoltente por Viento	105
Ilustración 100.- Periodo Predominante Modo 01.....	107
Ilustración 101.- Periodo Predominante Modo 02.....	107
Ilustración 102.- Programa ejecutado para visualizar Deflexiones	108
Ilustración 103.- Corte de la barra de bambú en culmos	122
Ilustración 104.- Material en laboratorio Usat rotulado y listo para ensayo	122
Ilustración 105.- Culmos cortados a medida y rotulados.....	123
Ilustración 106.- Selección de muestras para ensayo	123
Ilustración 107.- Selección de culmos inferiores, intermedios y superiores para ensayos a compresión	124
Ilustración 108.- Selección de culmos inferiores, intermedios y superiores para ensayos a corte	124
Ilustración 109.- Selección de culmos inferiores, intermedios y superiores para ensayos a flexión..	125
Ilustración 110.- Carga Esfuerzos Últimos para ensayos en Kg-F.....	125
Ilustración 111.- Tipos de falla en culmos a compresión	126
Ilustración 112.- Tipos de falla en culmos a compresión	126
Ilustración 113.- Tipos de falla en culmos a compresión	127
Ilustración 114.- Tipos de falla en culmos a compresión	127
Ilustración 115.- Culmo a Flexión rotulado	128
Ilustración 116.- Culmo ensayado a flexión con placas en tres puntos	128
Ilustración 117.- Tesista en ensayo a Flexión	129
Ilustración 118.- Tesista en cosecha de bambú guadua.....	129
Ilustración 119.- Muestras para ensayo a tracción	130
Ilustración 120.- Ensayo Empírico con amarres a 1/3 L	130
Ilustración 121.- Apoyo simple en la estructura, restricción en " X" y "Y"	131
Ilustración 122.- Ensayo empirico a deflexión con Nivel Topográfico	131
Ilustración 123.- Validación de Ensayos de Laboratorio	132
Ilustración 124.- .- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Tracción.....	133
Ilustración 125.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Corte.....	134
Ilustración 126.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Flexión	135
Ilustración 127.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Compresión	136
Ilustración 128.- Acreditación de Laboratorio.....	137
Ilustración 129.- Resolución autorización de ensayos	138
Ilustración 130.- Certificados de Calibración.....	139
Ilustración 131.- Informe de Resultados Ensayo a Corte	140
Ilustración 132.- Esquema comparación de Resultados Ensayo a Corte con Normativa.....	141
Ilustración 133.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Superior N°02	142
Ilustración 134.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Superior N°01	143
Ilustración 135.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°04	144
Ilustración 136.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°03	145
Ilustración 137.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°02	146
Ilustración 138.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°01	147
Ilustración 139.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°04	148
Ilustración 140.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°03	149

Ilustración 141.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°02	150
Ilustración 142.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°01	151
Ilustración 143.- Informe Resultados Ensayo de Resistencia a Compresión.....	152
Ilustración 144.- Esquema comparativo Resultados Ensayos de Resistencia a Compresión	153
Ilustración 145.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°05.....	154
Ilustración 146.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°04.....	155
Ilustración 147.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°03.....	156
Ilustración 148.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°02.....	157
Ilustración 149.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°01.....	158
Ilustración 150.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°05.....	159
Ilustración 151.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°04.....	160
Ilustración 152.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°03.....	161
Ilustración 153.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°02.....	162
Ilustración 154.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°01.....	163
Ilustración 155.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°05	164
Ilustración 156.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°04	165
Ilustración 157.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°03	166
Ilustración 158.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°02	167
Ilustración 159.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°01	168
Ilustración 160.- Informe de Resultados de Ensayo a Flexión.....	169
Ilustración 161.- Esquema Comparativo de Resultados a Flexión con Normativa.....	170
Ilustración 162.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°04.....	171
Ilustración 163.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°03	172
Ilustración 164.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°02.....	173
Ilustración 165.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°01.....	174
Ilustración 166.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°04.....	175
Ilustración 167.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Intermedio N°03	176
Ilustración 168.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Intermedio N°02	177
Ilustración 169.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Intermedio N°01	178
Ilustración 170.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°04	179
Ilustración 171.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°03	180
Ilustración 172.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°02	181
Ilustración 173.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°01	182
Ilustración 174.- Informe Resultados de Ensayos a Tracción.....	183
Ilustración 175.- Esquema Comparativo de Resultados a Tracción con Normativa	184
Ilustración 176.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°01	185
Ilustración 177.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°02	186
Ilustración 178.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°03	187
Ilustración 179.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°04	188
Ilustración 180.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°05	189
Ilustración 181.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°01	190
Ilustración 182.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°02	191
Ilustración 183.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°03	192
Ilustración 184.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°04	193
Ilustración 185.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°05	194
Ilustración 186.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°01.....	195
Ilustración 187.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°02.....	196
Ilustración 188.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°03.....	197

Ilustración 189.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°04.....	198
Ilustración 190.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°05.....	199
Ilustración 191.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°04.....	200
Ilustración 192.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°03.....	201
Ilustración 193.- Protocolo a Flexión.....	202
Ilustración 194.- Plano del Ensayo Empírico Protocolo a Flexión	203
Ilustración 195.- Plano Predimensionamiento - Vista Lateral.....	204
Ilustración 196.- Plano Predimensionamiento - Estructura y Dimensiones.....	204
Ilustración 197.- Plano Predimensionamiento - Vista Frontal	205
Ilustración 198.- Plano Predimensionamiento – Vista Isométrica 3D.....	205
Ilustración 199.- Plano Predimensionamiento - Vista Lateral.....	206
Ilustración 200.- Plano Predimensionamiento - Vista Lateral con cotas.....	206
Ilustración 201.- Plano Predimensionamiento - Vista Planta.....	207
Ilustración 202.- Plano Predimensionamiento AutoCAD 2025 - Estructura en Eje 0,0,0.....	207
Ilustración 203.- Modelado de Cargas Sap200 - Deformaciones Cargas Vivas y Cargas Muertas	208
Ilustración 204.- Modelado de Cargas Sap200 - Diagrama de Envoltentes Min/Max.....	208
Ilustración 205.- Modelado de Cargas Sap200 - Combinación de Cargas Cargas	209
Ilustración 206.- Modelado Final Sap2000.....	209

Resumen

En el Perú, dentro del ámbito de la construcción con sistemas y materiales poco usuales en zonas rurales, se evidencian dificultades que obstaculizan la capacidad de poder construir diversos tipos de puentes de forma efectiva y segura que puedan unificar el paso y transporte. Estos desafíos están relacionados con deficiencias tanto económicas como tecnológicas. Debido a estas deficiencias se busca dar una solución a este problema, dando como propuesta utilizar bambú como material estructural para la construcción de puentes peatonales. El cual tiene como objetivo de estudio el determinar aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales. Se logró validar lo anteriormente descrito principalmente evaluando las propiedades mecánicas de dicho material, comparándolo con la Norma Vigente local y Norma Vigente especializada en este de estructuras internacional, dando resultados positivos en cuanto a sus parámetros, posteriormente se modeló un diseño para determinar la carga máxima de desplazamiento y los esfuerzos de admisión de dicho diseño. Con esto existe un efecto positivo de la Guadua Angustifolia como un material estructural para el diseño y construcción de puentes peatonales, lo cual se espera pueda aplicarse como alternativa de rápida acción para zonas rurales.

Palabras claves: Bambú, Guadua Angustifolia, puentes peatonales, Propiedades Mecánicas Bambú.

Abstract

In Peru, within the scope of construction with unusual systems and materials in rural areas, difficulties are evident that hinder the ability to build various types of bridges effectively and safely that can unify passage and transportation. These challenges are related to both economic and technological deficiencies. Due to these deficiencies, a solution to this problem is sought, proposing to use bamboo as a structural material for the construction of pedestrian bridges. The objective of the study is to determine the application of bamboo as a structural design material for the construction of pedestrian bridges. It was possible to validate the above described mainly by evaluating the mechanical properties of said material, comparing it with the local Current Standard and the Current Standard specialized in this international structure, giving positive results in terms of its parameters, subsequently a design was modeled to determine the maximum load displacement and admission forces of said design. With this, there is a positive effect of *Guadua Angustifolia* as a structural material for the design and construction of pedestrian bridges, which is expected to be applied as a fast-acting alternative for rural areas.

Keywords: Bamboo, *Guadua Angustifolia*, pedestrian bridges, Bamboo Mechanical Properties.

Introducción

[1] Nos indica que gran parte del territorio peruano es rural (20,7%), zonas donde se ejecutan construcciones con sistemas no convencionales, ya sea por su cultura, tradición, recursos abundantes, así como por su economía. Donde la necesidad inmediata de pases, transporte, comunicación y al mismo tiempo de acceso a materiales convencionales son unas de las dificultades que evita fomentar la convivencia y desarrollo entre comunidades. [2]

A esto se le suma la necesidad de una alternativa a movilizaciones ya sea para poder brindar asistencia humanitaria o para satisfacer las necesidades más urgentes de la población y apoyar la labor del gobierno o entidades humanitarias similares a causa de desastres naturales como han sucedido durante el presente año 2023, tales como han sido las abundantes precipitaciones y su consecuente inundaciones por un fenómeno natural (ciclón Yaku), dificultando el común tránsito peatonal y/o pases que nos limitan a acceder a los destinos objetivos.

En el tema de la construcción con sistemas y materiales no convencionales en las zonas rurales del Perú, podemos apreciar factores que dificultan la posibilidad de una construcción eficiente y segura de diferentes tipos de puentes, para esto hay factores cruciales que muestran la deficiencia en el ámbito tecnológico y económico, donde el **factor tecnológico** indica que las ejecución para elaborar estructuras se dan mediante el método de autoconstrucción, es decir, no cuentan con asistencia técnica o profesional, o conocimientos de las normas vigentes y los procedimientos de construcción apropiadas, a su vez el **factor económico** se da al saber que los pobladores en las zonas rurales no cuentan con acceso a instrumentos financieros para construir obras más seguras y eficientes. Así mismo los pobladores se limitan a las construcciones existentes o a la esperanza de una licitación de obra o servicio público permitiendo el uso de un presupuesto destinado a través de la intervención del estado, ya sean mediante licitaciones públicas o intervenciones directas, lo cual demanda tiempo de espera.

Sin embargo, esta realidad problemática, no se limita a una comunidad, población o zona en específico, existen diversas áreas y situaciones tanto rurales como urbanas donde se afronta la necesidad de acceso o comunicación inmediata por más mínima que sea, por ejemplo: Reducir distancias de recorrido separados transversalmente por accidentes geográficos, zonas donde en épocas de precipitación máxima se imposibilita el cruce a pie debido al estado de los cauces, implementar la ingeniería para el uso de pases provisionales durante obras o servicios que requieran movimiento de tierras sin afectar el tránsito peatonal propio de la zona.

La iniciativa de implementar este material de manera estructural para la fabricación de puentes peatonales de bambú está ligada a los siguientes beneficios: La aplicación de materiales abundantes de la zona o de fácil adquisición, ligero transporte, el empleo maquinaria manual o de bajo costo, reducida mano de obra, actividades sin contaminación ambiental o daños a la flora de la cual se extrae, especie de fácil reintegro.

Por ello, en la presenta investigación pretende determinar si el material proveniente de la caña de bambú, la *Guadua Angustifolia*, es un material estructural adecuado para la fabricación de puentes peatonales. Así mismo esta tesis servirá como base teórica y conceptual para el desarrollo de futuros estudios.

Para lo cual se ha formulado como problema general: ¿Puede ser el bambú, una alternativa de material estructural, ecológico y económico; respecto al material tradicional de concreto armado; para el diseño y elaboración de puentes peatonales? Donde la hipótesis planteada indica que el uso de bambú al ser un material capaz de resistir cargas estructurales, debido a sus características de flexibilidad y resistencia, puede ser usado para construir puentes que puedan resistir el tránsito peatonal.

En relación a las justificaciones que motivan la realización de la investigación se dan en los ámbitos técnico. Social, histórico y tecnológico, donde; la **justificación ambiental** se da porque el bambú es un material altamente renovable, degradable con la naturaleza por lo cual no genera contaminación, además de su gran capacidad de absorber dióxido de carbono; como parte de la **justificación técnica** se busca establecer una nueva metodología que trae consigo nuevas especialidades, la cual al ser un material de fácil tratamiento no necesita grandes tecnologías en su proceso constructivo, lo cual hace accesible a gran parte local a poder trabajar con este material y especializarse en la construcción de estructuras aplicando este material de bambú guadúa, material poco convencional; por el ámbito de la **justificación social** se contempla que siempre una obra o construcción tipo puente siempre permite la comunicación y transporte para fomentar la convivencia y desarrollo entre comunidades; la **justificación económica** se esto debido a que el material del bambú por su bajo costo y fácil acceso, definitivamente tiene un gran potencial para la solución de obras económicas; Como **justificación histórica** se remonta a los primeros pasos en la ingeniería de la humanidad y en momentos cruciales de la historia, el bambú estuvo presente para adaptarse a solucionar las necesidades que se presentaban aportando su aplicación en su característica estructural. Un importante sustento que tiene la investigación es la **justificación tecnológica** debido a las investigaciones y desarrollos tecnológicos en puentes como por ejemplo: “Los puentes

modulares de Acrow” o “El primer puente para vehículos hecho con una impresora 3D que resiste hasta 5 toneladas”, nos llevan a concluir que se pueden implementar medidas revolucionarias que validen el uso de diferentes tipos de materiales, métodos o tecnologías que certifiquen la eficiencia y seguridad estructural, involucrando mayor precisión en ensayos de investigación científica, el uso de nuevos mecanismos o el planteamiento de nuevas metodologías.

La investigación cuenta con la siguiente estructura: **revisión de la Literatura**, la cual consta con un total de ocho (08) Antecedentes, (02) Antecedentes Históricos, tres (03) Antecedentes Internacionales, un (01) Antecedentes Nacionales, un (01) Antecedentes Teóricos, un (01) Antecedentes Empíricos. A su vez cuenta con las bases teóricas, la cual consta con las definiciones, nomenclaturas, ensayos, normativas, procesos constructivos y Especificaciones Técnicas. Esta estructura también está conformada por los **materiales y métodos**, el cual consta de materiales y la metodología de investigación desarrollados, abarcando el tipo y nivel de investigación y el diseño del mismo. El **desarrollo de investigación** consta en seleccionar la tipología óptima (la cual se complementa con un ensayo empírico), del diseño y el Modelado. Posteriormente a ello se tiene los **resultados y discusión de resultados**, sustentando técnicamente la obtención de datos en el proceso del desarrollo. Finalmente se ha concluido la investigación considerada las conclusiones para poder responder los objetivos planteados en mi investigación; recomendaciones para sugerencias a nuevos investigadores, las referencias bibliográficas en las cuales he apoyado mucho desarrollo y los anexos.

Se trazó como **objetivo de estudio** el determinar aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales. Para lo cual se planteó el objetivo de manera general buscar aplicar el bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales. Para cumplir con ello se necesita desglosar el desarrollo en **objetivos de manera específica**, donde permita determinar las características y propiedades mecánicas del bambú como elemento estructural para la elaboración de puentes peatonales, para posteriormente, determinar el proceso constructivo y especificaciones técnicas que recurrirán a mejorar la calidad de la construcción en este tipo de estructuras, posteriormente evaluar una pieza de 7 metros de luz libre sometiéndolo a cargas para determinar comportamiento a flexión del material, con el fin de evidenciar del funcionamiento del material y al complementar con la parte teórica, lograr determinar la tipología óptima para maximizar su eficiencia ante cargas, para finalmente diseñar un puente peatonal resistente con bambú, y determinar la carga máxima generada en el diseño propuesto. Con ello, siguiendo los pasos de

la investigación y la metodología adecuada se logró conseguir los resultados obtenidos, donde las propiedades mecánicas a esfuerzos admisibles para Compresión, Tracción, Corte y Flexión se encuentran dentro del parámetro de la normativa vigente, y comparado con los resultados a estas propiedades mecánicas obtenidas del diseño, c

Revisión de la literatura

Antecedentes históricos:

[3] Nos indica que en la Historia del Desarrollo de los puentes, los *homosapiens* construían puentes para conectar dos orillas de un río donde, resaltaban por la “poca ingeniería” aplicada que, según indica: “*mediante un par de troncos de Guadúa sobrepuestos en “estilo cantilera”(viga empotrada) y el contrapeso (cimentación) que estaba realizado por paquetes de piedras, lograban formar una estructura con el fin de conectar dos puntos donde, a pesar de ser una ingeniería muy simple y de muy temprana edad en la humanidad, daba paso al desarrollo de la creatividad y el ingenio humano*”. Posteriormente en el año 53 a.c. el famoso Gaius Julius Cesar, un general militar con el título de Pontifex Maximus, título máximo en aquel entonces, denominado a quien realizaba los puentes de ataque, siendo estos puentes de cortas luces (12 a 15 metros) a los lados de los ríos utilizando troncos de madera o de guadua. Actualmente, Jorge Stamm, aporta en base a su experiencia, la elaboración de puentes de Guadúa de luces variables con un criterio importante, el cual establece que la altura de la “viga” debe ser máximo el 20% de la luz libre y un puente debe tener como mínimo el 10% de la luz libre como ancho.

[4] Nos relata que luego de estallar la bomba en Hiroshima, el 6 de agosto de 1945 con innumerables muertes y personas heridas, una mata de bambú “*testigo de este infierno*”, ubicada en el epicentro, resultó tan solo con algunas quemaduras, pero manteniéndose en pie y estructuralmente intacta, posteriores relatos cuentan como reconstruyeron sus hogares con fragmentos de zinc y cañas de bambú. También en [5] relatan como un sobreviviente rescata y transporta a los afectados tanto heridos como fallecidos remando durante días con el apoyo de una caña seca de bambú.

Antecedentes internacionales:

En una investigación realizada en la ciudad de Bogotá por [6] se buscó elaborar el diseño estructural y presupuesto de un puente peatonal para la Universidad Santo Tomás, usando como material al bambú *Guadua angustifolia* Kunth. Este desarrollo inicio con la elección de la geometría más eficiente para las dimensiones del puente peatonal; posteriormente se hallaron los esfuerzos y deflexiones que actuaban en la estructura, posteriormente se predimensionó y

diseñó una estructura del puente. Añadiendo a esto el proceso de construcción y verificación presupuestal del puente en bambú guadúa. Teniendo como resultados:

- Una geometría de la super estructura de tipología Pratt combinada incluyendo arcos para la resistencia dividida en seis (06) módulos con dimensiones de: 2,47 x 2,50 x 2,80 m (entre sus propios ejes) y dos (02) voladizos de 2,30 metros en ambos extremos, con una placa de piso elaborada en latas de guadua de 4 cm, una superborad de 1 cm y tabletas de caucho de dos (02) centímetros (cm), y un techo realizado en teja de madera, estableciendo una altura predeterminada de 75 centímetros.
- Se logró garantizar una estructura acorde a la normatividad vigente del país.
- El costo de la superestructura del puente con una longitud de 14.82 metros se avaluó por 71.264.868 millones de pesos, y su construcción demorará alrededor de 3 meses.
- Según el diseño, los cálculos y el análisis desarrollado en la investigación, se concluye la factibilidad de la construcción del puente en material de bambú en la finca.

En Guayaquil se realizó una investigación por [7] donde, a pesar del objetivo, el cual era “desarrollar el diseño detallado de puentes peatonales de longitud corta e intermedia, utilizando la *Guadua Angustifolia* como elemento de construcción”; su principal aporte significativo se le atribuye a las pruebas realizadas en un laboratorio de la FIMCP para obtener datos de cargas admisibles para uniones de tipo IV, esto debido a que su diseño requería esta información, información la cual, hasta entonces, no se conocía; obteniendo como resultados en 22 pruebas, 1200kgf como valor máximo al cual puede ser sometida una unión tipo IV antes de producirse la falla. Así mismo, para las columnas cortas se identificó un promedio de 22.21E5 Kg/m² para el esfuerzo de fluencia del bambú, el cual, posteriormente fue usado en el diseño del puente de la investigación.

Antecedentes nacionales:

En Arequipa una investigación comparativa elaborada por [8] buscaba evaluar las diferencias directas entre costo-beneficio entre dos armaduras diseñadas con elementos de bambú y una de perfiles de acero, sometiendo a la caña de bambú a ensayos de laboratorio por compresión, ensayos a tracción, ensayos a uniones tipo I para bambú y uniones tipo II para bambú. Posteriormente establece 3 análisis de diseño, los cuales son:

- Análisis y Diseño del Armadura con Perfiles de Acero
- Análisis y Diseño de la Armadura Combinada Acero-Bambú
- Análisis y Diseño de la Armadura de Bambú – Bambú

Del cual obtuvieron estos datos:

Tabla 1.- Tabla de comparación de resultados

Tipo de material / Tipo de comparación	PERFIL ACERO	PERFIL ACERO - BAMBU	PERFIL BAMBÚ - BAMBÚ
Presupuesto	s/. 36,231.42	S/. 26,647.39	S/. 24,722.02
Tiempo ejecución	28 días	32 días	37 días

Donde bajo las mismas condiciones estructurales, el tiempo de ejecución con relación al presupuesto destinado, es más viable el material de caña de bambú como alternativa de cobertura liviana.

Antecedentes teóricos:

[9] Este artículo trata sobre procedimientos de construcción provenientes de indígenas sudamericanos, entre ellos los incas, los cuales contemplaban una técnica constructiva que, actualmente siendo renovada, trae consigo variados beneficios. La implementación de concretos entrenudos del bambú nos permite el desarrollo de obras más eficientes con las exigencias actuales puentes con luces más amplias, pero sobre todo con bajo impacto ambiental y de un recurso accesible a los recursos económicos de pequeños sectores ya sean zonas rurales, empresas privadas o pequeñas comunidades

Antecedentes empíricos:

[10] indica que en los resultados a los estudios y ensayos desarrollados por Stöckel la **resistencia a tracción** en las fibras paralelas al eje de la caña de bambú alcanza los 4000 kg/cm², donde detalla que para lograr comprender la magnitud de este resultado, se puede comparar con la madera usada para construcción, la cual no llega a superar los 500 kg/cm² e incluso lograr compararlo con el conocido acero de construcción el cual tiene una resistencia 4200 kg/cm² y finalmente una comparativa adicional con el material de la fibra de vidrio el cual alcanza los 7000kg/cm². Y finalmente indica que en otros países reportan la **resistencia a**

compresión de las cañas de bambú oscilan entre 360 kg/cm² a 465kg/cm² y esto va a depender de varios factores, pero principalmente del contenido de humedad y presencia de nodos.

Bases legales y referencias normativas:

- Organización Internacional de Normalización (ISO): ISO 22156:2021.
- Organización Internacional de Normalización (ISO): ISO 22157:2019.
- Norma Técnica Peruana E.100.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5301 – Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5525
- Decreto Supremo N°004-2008-AG, Declaran de Interés Nacional la Instalación de Plantaciones de Caña Brava y Bambú.
- Resolución Ministerial N°0521-2008-AG, Aprueban Planes Nacionales de Promoción de la Caña Brava y Bambú

Definición de términos:

Anclajes

La Norma [11] indica que son las piezas metálicas que logran que sirven de refuerzo, apoyando la estabilidad del bambú guadua

Armadura

[6] establecen que es la conformación del bambú en un mismo plano o dimensión, donde combinados forman una estructura, la cual transfiere cargas en sentido del eje vertical, así como del eje horizontal.

Columna

[6] establece que son estructuras capaces de transmitir y resistir cargas actuantes a compresión

Viga

Según [6], es la pieza horizontal encargada de distribuir cargas verticales.

Viguetas

Según [6], es la pieza horizontal encargada de distribuir cargas verticales más pequeñas a diferencia de las vigas.

Cercha

[11] relaciona la cercha como una estructura en eje horizontal capaz de resistir cargas actuantes del eje vertical.

Contracción

Según [11] lo define a la reacción de reducción a las dimensiones de una estructura.

Correa

Según [11], es una pieza de amarre que principalmente provoca la unión de ellas y permite transmutar cargas.

Cordones

[6] es la sección inferior, como también puede ser superior, de una armadura.

Culmos

[6] indica que son las partes de la barra del bambú guadua en las que se dividen, definidos en Inferiores, Intermedios y Superiores.

Esfuerzo admisible

[6] hace mención a la capacidad máxima de resistencia que tienen los elementos de bambú guadua a tracción, esfuerzo a corte, esfuerzo a flexión y compresión.

Estabilidad

[12] enaltece al alto índice del material, evitando deformarse con las cargas o en relación al tiempo, donde influye la técnica del secado del material.

Fisura

[13] establece como abertura superficial o que daña solo la parte superior de la pieza o elemento sin afectar la composición interna.

Flexión

[6] establece a la capacidad para deformarse generalmente formando un arco.

Tracción

Según [6], establece a los esfuerzos internos que reaccionan a las fuerzas externas en sentido contrario a la pieza o estructura.

Guadua angustifolia

[11] establece como material renovable, de bajo peso, de fácil adquisición y gran resistencia.

Mortero

[6] lo determina a la preparación y mezcla de arena, cemento y agua.

Nudo

La [11] informa que es la sección de anillo que se repite a largo del bambú guadua, siendo la parte de mayor resistencia del material

Perno

De acuerdo a [6], lo designa como pieza de acero.

Puente peatonal

Según [14], establece a una estructura de ingeniería civil construida para lograr unificar dos puntos divididos por un obstáculo para dar continuidad a una vía y permitir su transitabilidad. Generalmente unifica caminos, pases, vías, etc.

Resistencia

De acuerdo a [15] establece que el material a través del tiempo aumenta, resaltando en:

- Mayor resist. al corte en nudos.
- Disminución de resist. a compresión con el uso de pilares compuestos.
- Alta capacidad de resist. a tensión dada en la corteza de la guadua.

Tirante

Según [6], es un elemento estructural.

Riostra

De acuerdo a [6], pieza estructural usada para la estabilización de cubierta.

Secado

La normativa [11], indica que es una técnica crucial y natural, donde disminuye el contenido del porcentaje húmedo.

Sección

Según [6], determinada en transversal y compuesta.

Sistema estructural

Según [6], combinación de piezas y elementos de resistencia y estabilidad que soportan cargas constantemente.

Unión

Según [6], es la intersección de diferentes pizas o sistemas estructurales.

Zuncho

Según [6], pieza metálica tipo abrazadera que envuelve una o más piezas en paralelo.

Puente tipo viga

[14] Estructuras de secciones en tramos donde la estructura tiene apoyos simples, apoyos isostáticos (sea tipo Gerber o Cantiléver), apoyos hiperestáticos o apoyos continuos, donde el elemento crucial está expuesto a esfuerzos de flexión y cortante.

Puente tipo arco

[14] Estructuras de formas muy variables, y sea de tablero superior, intermedio o inferior y; de tímpano ligero, relleno o bóveda.

Puentes suspendidos

[14] También determinados puentes colgantes, atirantados o una combinación de ambos.

Puentes definitivos

[14] Puentes diseñados para una vida útil de servicio de hasta 75 años, teniendo importancia en priorizar el diseño estructural con redundancia, ductilidad durabilidad y de fácil mantenimiento.

Puentes temporales

[14] Puentes diseñados para una vida útil de servicio limitado a 5 años, teniendo menor importancia en priorizar el diseño estructural pero no limitado su exigencia de seguridad estructural a las mismas condiciones que en los Puentes definitivos, también se rescata un factor de redundancia $n_R \geq 1.05$.

Elementos de un puente

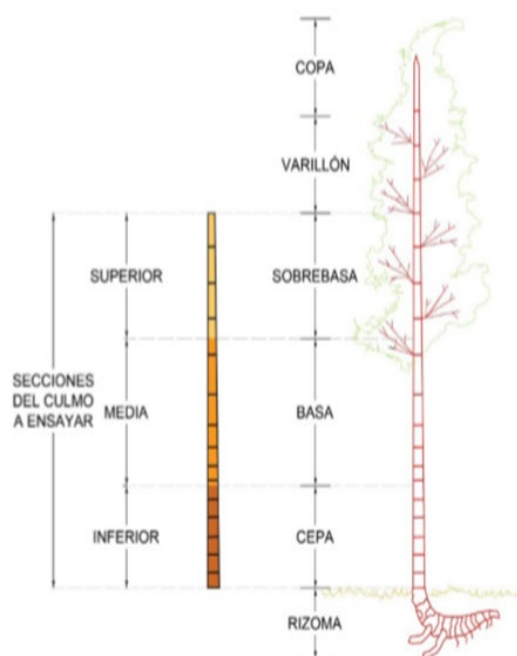
El manual [14] establece todos los elementos considerados para la elaboración de un puente, desde los estudios de ingeniería básicos, hasta la ejecución del proyecto de ingeniería, abarcando dimensiones como elementos, tipología, las consideraciones de diseño, las cargas y factores de cargas, las consideraciones de los materiales, el análisis estructural, entre otros; con el fin de lograr brindar las pautas requeridas para el planeamiento, el análisis y el diseño, de puentes carreteros. Especificando los mínimos requeridos en cada caso, dejando a criterio al ingeniero estructural complementar o maximizar estas especificaciones en lo que resulte pertinente.

Bases teóricas:

Bambú guadua angustifolia:

En el seminario [10] se establece al bambú como un recurso natural sostenible debido a las propiedades que posee y su desarrollo, teniendo un índice de rehabilitación-crecimiento de 4 veces más rápido que los árboles. También indica que la caña de bambú es usada desde tiempos antiguos como pieza ingenieril de construcción en diferentes partes y épocas en todo el mundo. Entre la gran variedad de especies existentes, la que más sobresale debido a las superiores propiedades estructurales respecto al peso y resistencia en sus fibras es la Guadua Angustifolia.

Partes de la guadua:



[16] Indica y Resalta que para la preparación de especímenes para realizar pruebas y ensayos las partes a considerar son:

Rizoma: Zona en contacto con el suelo, absorbe nutrientes, a partir de su corte empieza su proceso de secado.

Culmo: Zona cilíndrica y hueva separado por nudos transversales, los cuales aumentan la rigidez, capacidad de flexibilidad y capacidad de resistencia. Si se requieren realizar ensayos, el culmo se debe dividir en 3 secciones: Culmo superior, Culmo medio y Culmo Inferior.

Propiedades físicas:

- **Porcentaje de humedad:**

El porcentaje húmedo va directamente relacionado al peso de la masa en estado húmedo y en estado seco, siendo:

$$CH = \frac{(m - m_0)}{m_0}$$

- m , es masa en estado húmedo en gramos (gr)
- m_o , es masa en estado seco en gramos (gr)

La humedad del material secado al aire se promedia, variando en:

Tabla 2.- Tabla % contenido de humedad

MATERIAL	INICIAL	SECADO INTERPERIE
Guadua Angustifolia Húmeda (Verde)	194%	15%
Guadua Angustifolia Seca (Madura)	86% (51% - 127%)	13%

- **Densidad de la guadúa básica**

La densidad es la relación directa de masa en seco y volumen de la probeta:

$$p = \left(\frac{m}{v}\right) * 10^6$$

- p , es la densidad expresada en kg/m³
- m , es la masa muestra seca expresada en gr
- v , es el volumen muestra seca expresada en mm

Internamente la composición básica del Bambú Guadua se da:

Tabla 3.- Composición interna del Bambú Guadua A.:

	(ρ) = Densidad Básica (T/m ³)	Poder calorífico (Kcal/Kg)
BAMBÚ GUADUA A.	0.703	4458

- **Resistencia**

La Norma Técnica Peruana E.100 Bambú [11] establece que el uso de las estructuras en construcción con bambú, se diseñan con la finalidad de aplicar los esfuerzos en cargas de servicios y modificaciones, para que se mantengan por debajo o iguales a los límites de los esfuerzos admisibles del material.

Tabla 4.- Esfuerzos Admisibles N.T.P. E.100:

ESFUERZOS ADMISIBLES				
NORMA TÉCNICA PERUANA E.100 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ				
Fb (Kg/cm ²)	Ft (Kg/cm ²)	Fc (Kg/cm ²)	Fp (Kg/cm ²)	Fv (Kg/cm ²)
FLEXIÓN	TRACCIÓN	COMPRESIÓN	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	CORTE
50	160	130	13	10

Sin embargo, es necesario poder ampliar estos datos establecidos con una normativa que tenga más aplicaciones elaboradas, esto con el fin ampliar el rango de uso en diferentes tipos de estructuras y evaluar las variaciones en valores de esfuerzos admisibles según su normativa vigente, la cual han podido ser aplicadas con gran eficiencia estructural, manteniendo el origen geográfico de Latinoamérica para evitar variación en las propiedades mecánicas de cada especie, esto se debe que al comparar las propiedades mecánicas de cada especie se podría clasificar cada bambú por su resistencia a la compresión, flexión, tracción y corte; obteniendo valores experimentales muy variados.

El bambú *Guadua Angustifolia* está muy presente en Latinoamérica y es considerado los bambúes de construcción más fuertes del mundo, por ello, se busca la normativa de un país que también trabaje con esfuerzos admisibles designados en su normativa provenientes de resultados experimentales basados en los procedimientos de las ISO [17] y [18]

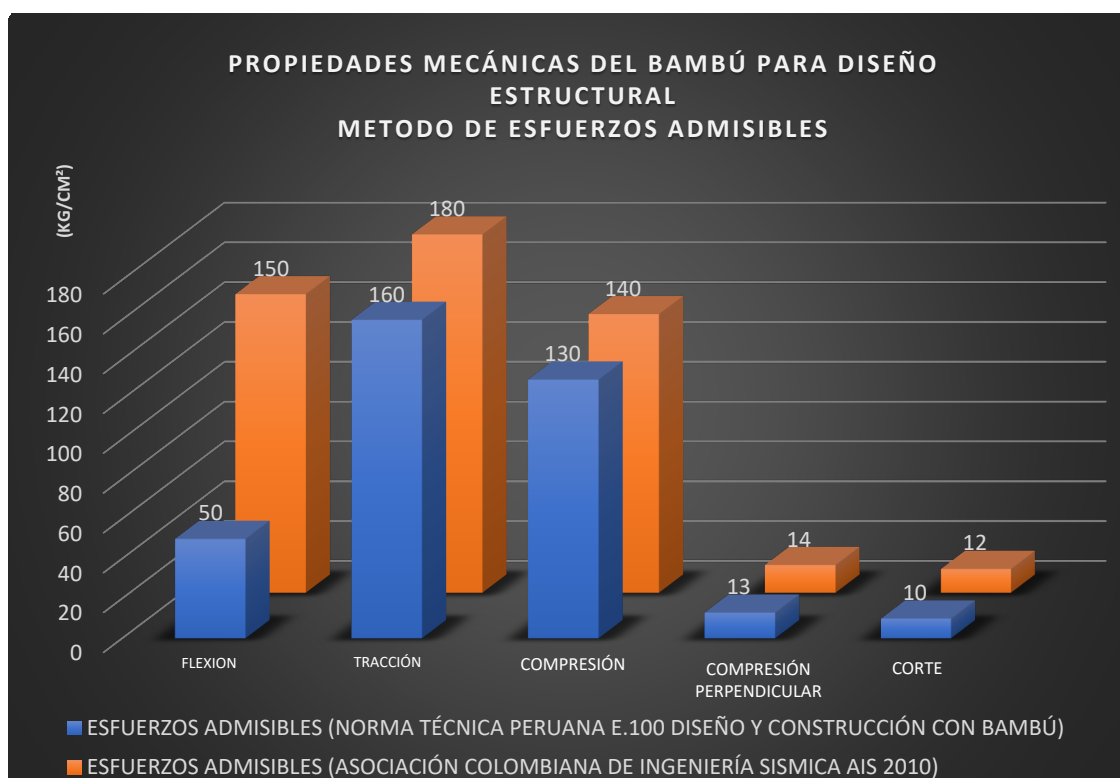
Dentro de estos países, Colombia resalta mucho por la gran variedad de obras arquitectónicas con diseños estructurales para construcciones de alta resistencia como casas, puentes peatonales y varios tipos de estructuras ligeras o temporales diseñadas y construidas bajo las normativas estructurales aplicadas en el Capítulo G.12 – Estructuras de guadua del [19], donde los esfuerzos admisibles, a diferencia de la Norma Peruana, no tiene un capítulo independiente, sino que sus datos a esfuerzos admisibles, se encuentran integrados dentro de su Reglamento Sísmico, lo cual indica la importancia que tienen este tipo de construcciones y la relevancia para el diseño estructural, los esfuerzos admisibles consignados en su normativa vigente son:

Tabla 5.- Esfuerzos Admisibles AIS COLOMBIANA 2010

Esfuerzos admisibles				
Asociación Colombiana De Ingeniería Sismica Ais 2010				
Fb (Kg/cm ²)	Ft (Kg/cm ²)	Fc (Kg/cm ²)	Fp (Kg/cm ²)	Fv (Kg/cm ²)
FLEXIÓN	TRACCIÓN	COMPRESIÓN	COMPRESIÓN PERPENDICULAR	CORTE
150	180	140	14	12

Con esto, se observan ligeras variaciones en cuanto a los valores admisibles para diseño de estructuras usando al material de bambú *Guadua* denominado *Angustifolia Kunth*, con una diferencia tal cual se muestra en el siguiente gráfico:

Tabla 6.- Comparación Esfuerzos Admisibles NTP E.100 vs AIS COLOMBIANA 2010



Estos valores nos permiten ampliar un rango al factor de seguridad al momento de diseñar e incluir un control de calidad al momento de ejecutar, sin embargo, el presente proyecto se rige en la normativa vigente del país en el cual se desarrolla la investigación, esto rige a que se diseñe en base a la normativa de edificaciones con el mismo material, dejando

abierta la posibilidad a investigar una posible modificación en cuanto a los valores admisibles de cada propiedad mecánica del bambú como elemento de estructura para elaborar puentes para peatones.

Para poder determinar un estricto control de calidad con la finalidad de validar al material apto en relación con las propiedades mecánicas de diseño, se debe recurrir al [18] y con ayuda de un laboratorio certificado, que realice ensayos de resistencia a los materiales, determinar los esfuerzos últimos de la tanda de Guadua puesta in situ, siendo los ensayos solicitados:

- Compresión axial de fragmentos de culmos ([18] actualizada a [20]).
- Corte longitudinal ([18] actualizada a [20]).
- Compresión diametral ([18] actualizada a [20]).
- Flexión del culmo ([18] actualizada a [20]).

Propiedades mecánicas

Para determinar estas propiedades, se debe realizar un ensayo del material en selección a emplear, del cual se realiza las mediciones de cada muestra y el correcto almacenamiento de muestras o probetas denominadas: Culmos.

[21] indica que la selección de la especie debe estar influenciada para el tipo de uso final, en este caso, el material será de uso estructural, por ende, la especie predominante debe ser la *guadua angustifolia*. Previo a cualquier ensayo se deben tener en cuenta la geometría de muestra del bambú para ensayos:

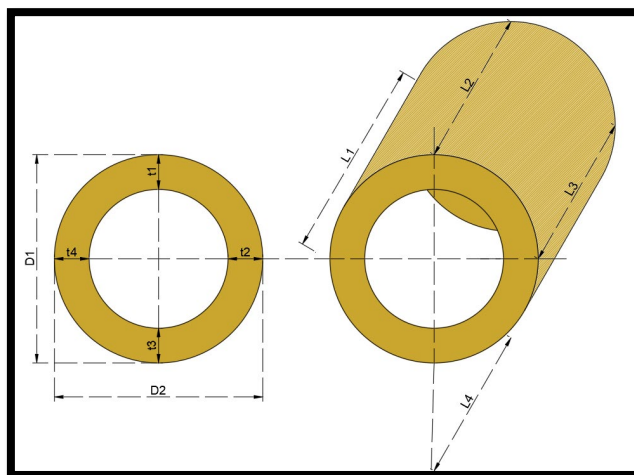


Ilustración 1.- Método de medición promedio de secciones de Culmos

$$D = \frac{(D1 + D2)}{2}$$

$$D = \frac{(t1 + t2 + t3 + t4)}{4}$$

$$l = \frac{(L1 + L2 + L3 + L4)}{4}$$

$$A_{muestra} = \frac{(\frac{\pi}{4}) (D^2 - (D - 2t)^2)}{4}$$

$$I_{muestra} = (\frac{\pi}{64}) (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Las siguientes variables son determinadas para cuantificar las dimensiones de la muestra a ensayar:

D_e = Diámetro exterior de la muestra promediada de dos medidas ortogonales en cualquier cara lateral.

t = Espesor promedio de la muestra tomada de los cuatro puntos del eje de la muestra.

l = Longitud promedio de la muestra tomada de los cuatro puntos del eje de la muestra.

Las propiedades calculadas:

$A_{muestra}$ = Área transversal de la muestra.

$I_{muestra}$ = Momento de Inercia de la muestra.

R = Radio medido de la línea central del eje de la muestra.

1. Esfuerzo tracción

Para determinar el esfuerzo último en resistencia a tracción, ejerciendo una carga con aceleración constante sobre la probeta.

consideraciones:

- Se deben realizar las mediciones del Área transversal de cada muestra con exactitud de 0.1mm, realizando 3 mediciones y usando el promedio.
- Se deben asegurar la estabilidad de los extremos de la probeta y aplicar la carga a velocidad constante hasta su falla

- Para realizar los cálculos y expresión de resultados se debe determinar con la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Donde:

τ_{ult} = Esfuerzo último tracción, en MPa (o N/mm²), con aproximación de un MPa entero.

F_{ult} = Carga máxima aplicada donde se produce la falla la probeta, expresada en Newtons (N).

A = Área de sección transversal de la porción de ensayo, expresada en mm².

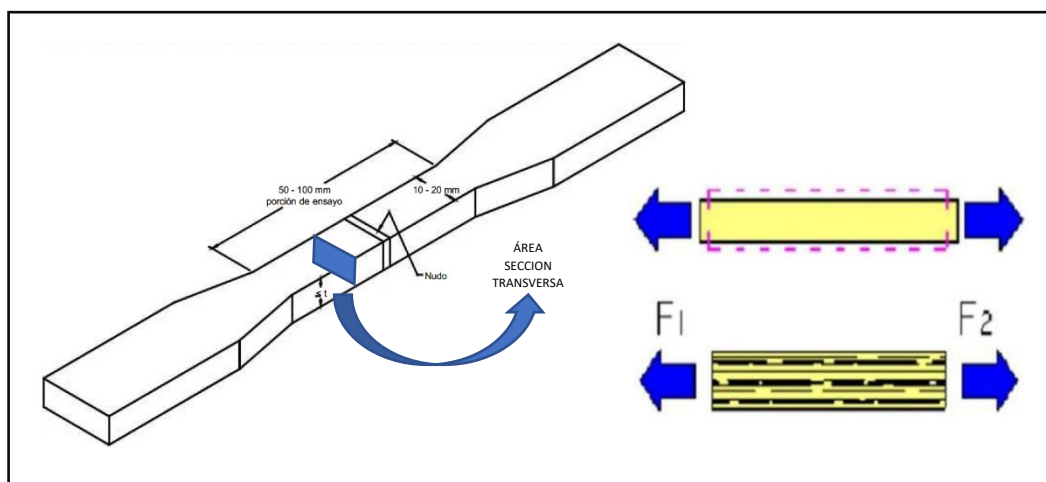


Ilustración 2.- Sección a Tracción y Fuerzas actuantes

2. Esfuerzo compresión

Ensayo para la estimación de propiedades del bambú guadua a su resistencia de compresión, hallando el esfuerzo último mediante la compresión a los fragmentos o culmos de las muestras (ISO 22157-2019); ubicando la muestra seleccionada, habiendo recopilado previamente los datos de:

$$A_{muestra} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right) (D^2 - (D - 2t)^2)}{4}$$

Se procede a centrar la muestra sobre el cilindro hidráulico encima de la placa de carga, y es sometida a una carga progresiva hasta que produzca una falla, con eso se obtiene el Esfuerzo último de compresión.

[22] indica que el Bambú Guadua tiene alto índice de resistencia a la compresión

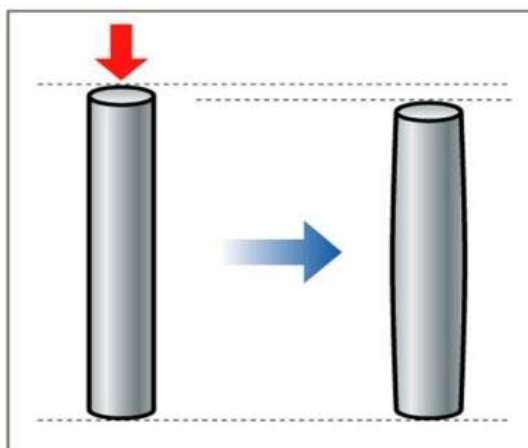


Ilustración 3.- Resistencia a la Compresión

Consideraciones:

- El culmo debe posicionarse dentro del espacio móvil y debe estar de manera vertical ubicado en el centro de la sección transversal de las almohadillas, donde inicialmente se aplica una carga no mayor a 1 kN, lo suficiente para acomodar el culmo.
- Se debe registrar la lectura final de la carga máxima a la cual falla la probeta.
- Para realizar los cálculos y expresión de resultados se debe determinar con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Donde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de compresión, expresado en MPa (o N/mm²), redondeado con aproximación de 0,5 MPa o con aproximación de un MPa entero.

F_{ult} = Carga máxima aplicada donde se produce la falla la probeta, expresada en Newtons (N).

A = Área de sección transversal de la porción de ensayo, expresada en mm².

3. Esfuerzo flexión

De acuerdo a [22] la resistencia del culmo a la flexión es óptima, resaltando que diferentes autores confirman que el Bambú Guadua es un material de gran capacidad antisísmica, y mediante su investigación [22] valida sus hipótesis.

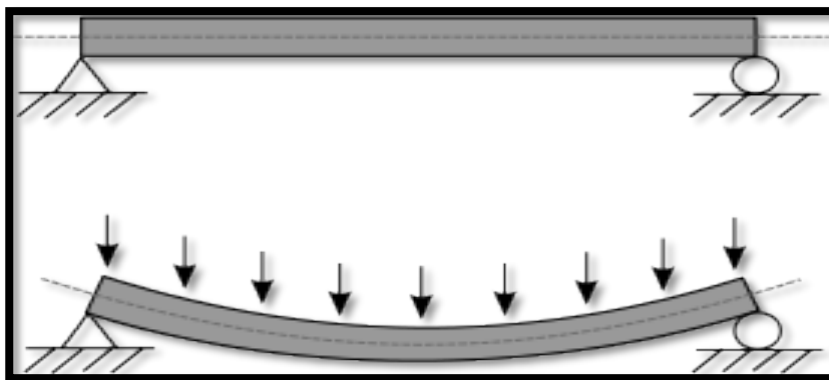


Ilustración 4.- Deformación Resistencia a la Flexión

consideraciones:

- Determine la medida promedio del diámetro exterior y espesor “t” de la pared del culmo y se calcula el M.I. mediante la fórmula:

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

- El esfuerzo último, σ_{ult} , en MPa (o N/mm²), en la flexión estática del ensayo se desarrolla con la aplicación de la sgte fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{\frac{F_{ult} * L}{4} * \frac{D_e}{2}}{I_B}$$

σ_{ult} = Esfuerzo último flexión, en MPa (o N/mm²), redondeado con aproximación de 0,5 MPa o con aproximación de un MPa entero.

F_{ult} = Carga máxima aplicada donde se produce la falla la probeta, expresada en Newtons (N).

t = Espesor

A = Área de sección transversal de la porción de ensayo (mm²)

D_e = Diámetro promedio exterior

L = Luz máxima separación entre apoyos

I_B = Momento de inercia, en mm⁴,

- Los resultados deben estar expresados con una exactitud de 1 MPa (o N/mm²).

4. Esfuerzo cortante:

De acuerdo con [23] la capacidad a cortante, debe estar enfocada específicamente donde se une cualquier estructura, debido a que producen los esfuerzos cortantes más altos.

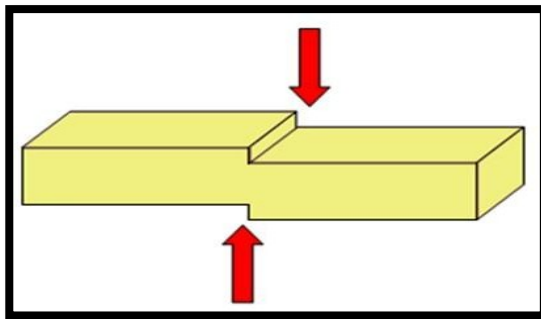


Ilustración 5.- Esfuerzos Cortantes

consideraciones:

- Así como en compresión, las muestras tomadas deben ser de las secciones inferior, media y superior para cada culmo. Los culmos deben tener una marca distintiva, por lo general serían: I (Inferior), M (Medio o Intermedio) y S (Superior) respectivamente.
- El 50 % de las muestras o culmos seleccionadas para ensayo de corte deben contener nudo en el culmo y el 50 % restante no debe visualizarse nudo en el culmo. La longitud de la probeta debe ser igual a su diámetro.
- [24] “*ciertas limitaciones son válidas en caso de ensayos con propósitos comerciales; en caso de investigación científica, existe libertad para determinar algo diferente*”. El espesor de pared denominado “t” y la altura denominada “L” del culmo debe ser registrada en las cuatro áreas de corte.
- Se debe registrar la lectura final de la carga máxima en la cual falló la probeta, así como la cantidad de áreas que fallaron.
- La resistencia última de corte se debe calcular con la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum(t * L)}$$

τ_{ult} = es la resistencia última al corte, en MPa, con aproximación, por exceso o por defecto, a una cifra decimal.

F_{ult} = es el valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N

$\Sigma(\mathbf{t} * \mathbf{L}) = \text{es la suma de los cuatro productos de } t \text{ y } L.$

Estabilidad

La [11] establece que, para cualquier diseño estructural tipo viga de bambú, se deberá diseñar manteniendo la consideración de estabilidad a la propiedad de flexión:

1. Estabilidad en piezas a flexión:

El guadúa es característico por su naturaleza estable al ser sometido a cargas, pero siempre evitando su sobre exposición a un acto de pandeo y compresión que afecten directo a sus fibras laterales.

Para estructuras tipo vigas que presenten secciones variables y compuestas por más de una barra de guadua, la relación a considerar es la altura (d) y el diámetro (b) sea superior a la unidad ($\frac{d}{b} > 1$), obligatoriamente se incorporan apoyos de manera lateral para restringir rotación y pandeo de la estructura compuesta.

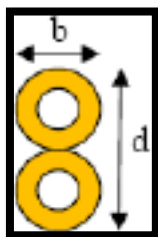


Ilustración 6.- Dimensión secciones para vigas compuestas [11]

2. Estabilidad lateral en vigas compuestas:

Es decir, las combinaciones de piezas con más de dos, llevarán a la reducción de los esfuerzos admisibles a flexión, por un valor C1 según indica la siguiente tabla:

d/b	C1
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

Tabla 7.- Tabla Coeficientes C.I. [11]

En vigas compuestas, según indica [11], la estabilidad se condiciona en la relación altura – ancho, donde el ancho debe ser menor que la altura y se analizará para adecuar el instalar un apoyo de manera lateral por cada sección de compresión de la estructura, considerando:

- $d/b = 2$, dónde el soporte lateral no se necesario.
- $d/b = 3$, restringe desplazar lateralmente en los apoyos.
- $d/b = 4$, para restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y los bordes sujetos a compresión, se pueden emplear correas o viguetas.
- $d/b = 5$, para restringir el desplazamiento lateral de los apoyos, se debe incluir un soporte continuo en el borde de compresión a través de un entablado.

3. Estabilidad usando conectores:

Para garantizar la estabilidad de una viga que emplea dos o más guaudas es necesario conectar de manera transversales con piezas en acero, estos conectores de acero facilitarán el trabajo transversalmente en conjunto del material. Se debe considerar el espaciamiento máximo de estos conectores, el cual no sobrepasar el valor de $3H$ (altura de viga) o $1/4$ luz de viga.

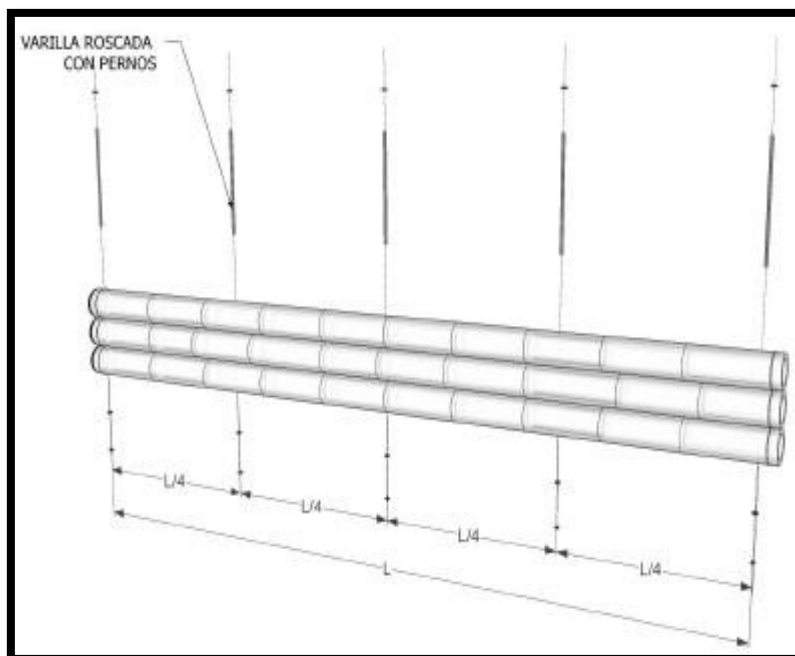


Ilustración 7.- Estabilidad por Conectores en paralelo

4. Estabilidad en estructuras de columnas:

[6] indican que las piezas o estructuras sometidas a flexión o compresión tengan estos coeficientes:

Tabla 8.- Tabla Coeficientes C.P. [11]

COMPRESIÓN	FLEXIÓN
Por estabilidad decolumnas	Por estabilidad decolumnas
(Cp)	(Cp)
0.57	0.71

Características de material estructural

De acuerdo con [11], al darle uso se debe considerar lo siguiente:

- El material debe ser cosechado a una edad promedio entre cuatro a seis años.
- El porcentaje de humedad debe estar en un nivel óptimo.
- Cuando se use bambú guadua en construcción, **es importante que no esté verde**, y el encargado responsable profesional debe garantizar la calidad de todas las piezas empleadas.
- Antes de utilizarlo, se debe realizar una protección ante patologías por agentes contaminantes externos.
- Es necesario que las Guaduas posean una buena durabilidad natural.
- El material a emplearse no tendrá ningún tipo de deformaciones en su eje, y de tener, este no debe superar el 0.33% de la longitud.
- No deben existir piezas agrietadas.
- Cuando se necesite el uso como pieza, estas no deben presentar patologías ni pudrición.

Cargas actuantes

Según [6] es necesario realizar análisis con el fin de definir las cargas actuantes permanentes y cargas actuantes de servicio que influirán en el puente, siendo estas:

➤ **Cargas vivas (I)**

Durante su uso, se generan sobrecargas conocidas como cargas vivas. Se desarrollará en referencia a guía para diseño de estructuras de puentes peatonales proporcionadas por [14], el cual establece que la carga viva denominada “L” es 420kg/cm².

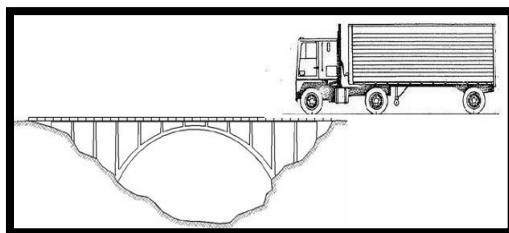


Ilustración 8.- Cargas vivas en puentes

➤ **Cargas muertas (Sd)**

El peso de la propia estructura genera el denominado carga muerta..

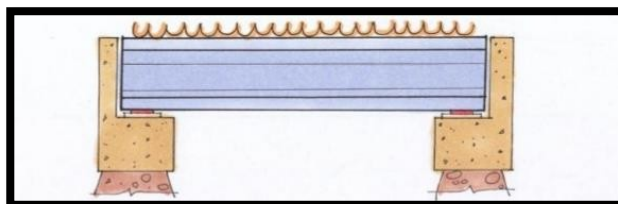


Ilustración 9.- Cargas Muertas en Puentes

➤ **Cargas de viento (Ws)**

La [14] establece al factor viento como un componente de fácil interacción en elementos estructurales y para calcularlas, se da mediante la siguiente fórmula:

$$F_h = 171 \frac{kg}{cm^2} * \text{área}(m^2)$$

Se disminuirán por metro las fuerzas actuantes a todos los elementos del bambú.

$$w_s = \frac{F_h}{\text{Luz de puente}}$$

➤ **Combinación de cargas**

La normativa vigente establece una serie de combinaciones de cargas que actúan de la siguiente manera:

Tabla 9.- Tabla de Combinación de Cargas de Diseño

N°	Formula
1	D
2	D + L
3	D + (W o 0.70E)
4	D + T
5	a [D + L + (W o 0.70E)]
6	a [D + L + T]
7	a [D + (W o 0.70E) + T]
8	a [D + L + (W o 0.70E) + T]

➤ Uniones

Según el Manual [25] indica que el bambú es un material de sección redonda y ahuecada imperfecto y de sección ligeramente variable a lo largo de su estructura. Por ello, el análisis debe resolver estas “imperfecciones” y uniformizar la estructura con criterios de estabilidad y resistencia.

➤ Problemas externos de la guadua

El uso del bambú guadua presenta diversas ventajas y desventajas que deben considerarse para poder mejorar su estabilidad y resistencia, para proponer diseños para soluciones específicas con fines de constructivos e ingenieriles. Es importante seguir la normativa vigente y adecuarse a la finalidad de cada estructura, ya que cada estructura tiene un comportamiento específico y reacción diferente a cada tipo de material y proyecto designado, sometiéndose a diferentes cargas o esfuerzos.

Muchas veces el criterio aplicado a la selección del diámetro de la sección es tomar el primer valor medible, cuando en realidad se deben asignar el valor promedio de las mediciones en todos los sentidos de la sección circular ahuecada.

Tabla 10.- Cuadro Comparativo de Uniones

Tipo de Unión	Ventaja	Desventaja	Recomendaciones	Función
Con amarre	Facilidad	No transmiten todos los esfuerzos	No deben de quedar flojos Utilizar alambre galvanizado	Cercas, barandas, cubiertas y andamios
Con pasadores	Rapidez al ensamblar	No aprovecha todo el diámetro	Perforaciones cerca al nodo	Rapidez en construcción
Con centro de madera	Mejor transmisión de esfuerzos Compatibilidad Estandarización de uniones	Contar con equipo necesario	Utilizar resina adecuada	Estructuras tridimensionales
Combinación de sistemas	Fácil reemplazo de piezas	Mayor cantidad de materiales	Realizar un buen diseño	Reforzar o facilitar uniones

Proceso constructivo y especificaciones técnicas:

Consideraciones de construcción

- Las Guaduas deben tener al menos tres años de edad, por criterio técnico, debe haber un previo secado a intemperie o secado natural, con revestimiento o tratamiento para evitar patologías por agentes externos.
- Al realizar los cortes o alguna unión en la guadua estén bien ejecutados.
- Las dimensiones del bambú utilizado deben ser adecuados.



Ilustración 10.- Unión simple

- Es necesario atar las Guaduas con alambres dobles o tripes de una longitud constante o igual.
- Se deberán emplear cuerdas vegetales que garanticen su resistencia y estén en excelentes condiciones, o en su defecto, cuerdas de nylon.



Ilustración 11.- Unión por Amarre

- Se emplearán únicamente Guaduas que estén completamente secas.
- Es importante que las Guaduas a emplearse cuenten con un nudo en sus extremos para facilitar el golpe y así prevenir astillamientos o rajaduras.

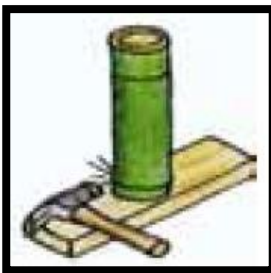


Ilustración 12.- Guadua con Nudo en su Extremo

Guaduas a descartar

- No se utilizarán guaduas que tengan una resistencia baja.
- No deben ser usadas las guaduas que tengan menos de 3 años de edad.
- No se deben emplear guaduas que hayan sido atacadas por insectos.
- Las Guaduas no se emplearán cuando estén en proceso de floración o que ya hayan florecido.
- Las guaduas que presenten grietas verticales o fisuras no deben ser utilizadas.
- Si durante la cosecha se realizan cortes horizontales, las guaduas no serán empleadas, ya que no son adecuadas para fines estructurales.



Ilustración 13.- Guadua a Descartar - Guaduas con Florecimiento o tronco muy torcido

- No se utilizarán clavos ni tornillos de 2.5 plg para unir o fijar las guaduas.
- Las Guaduas no deben ser utilizadas en vigas que hayan sido clavadas lateralmente a columnas.



Ilustración 14.- Guadua a Descartar - Vigas clavadas lateralmente a columnas

- No se deben emplear guaduas verdes, ya que, al secarse y perder humedad, estos se contraerán, lo que podría aflojar los amarres.
- No será adecuado emplear guaduas amarradas con cuerdas delgadas en mal estado o cuerdas elásticas.



Ilustración 15.- Guadua a Descartar - No emplear Cuerdas desgastadas, elásticas o mal amarradas

- No se deben golpear las Guaduas cuando no tengan los nodos en los extremos.

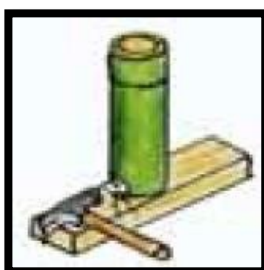


Ilustración 16.- Guadua a Descartar - No propinar golpes en Guaduas sin nodos en extremos

Todas las Guaduas utilizadas para unir estructuras deben ser preparadas según la figura mostrada:

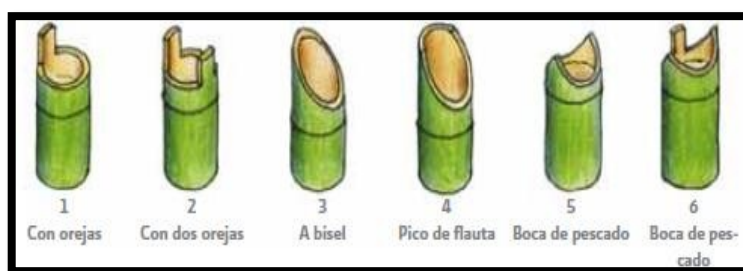


Ilustración 17.- Tipos de Uniones

Uniones en cimentaciones:

Las cimentaciones permiten que al unirse al material de bambú lo proteja de agentes patógenos, evitando el daño agresivo al material a través del tiempo, ampliando su duración y tiempo de vida, por ello, para la cimentación se empleará concreto reforzado la cual se conectará con el bambú guadua.

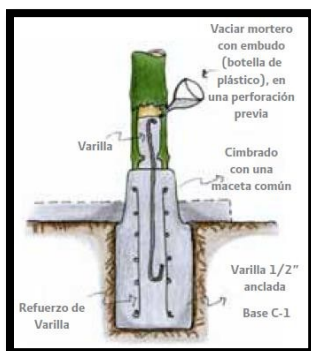


Ilustración 18.- Anclaje en columnas con elementos verticales incl. refuerzo de acero

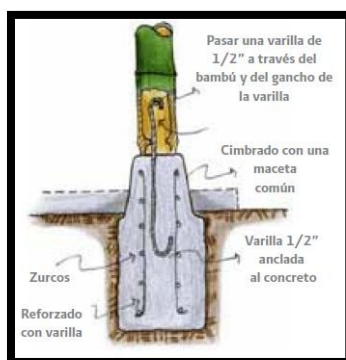


Ilustración 19.- Anclaje en columnas con elementos verticales incl. pasador y refuerzo de acero

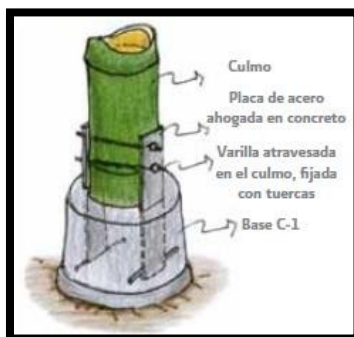


Ilustración 20.- Ilustración 15.- Anclaje en columnas con elementos verticales incl. pasador y pernos y refuerzo de acero con soleras

Uniones con amarre:

Las uniones más comunes al construir con bambú son los tipos de amarres, estos amarres pueden ser con materiales de tipo orgánico para garantizar la compatibilidad y la finalidad del empleo de este tipo de material para el momento de fijar las estructuras con los elementos a unir, estos amarres pueden variar de material y densidad, pueden llegar a ser materiales muy rígidos, así como flexibles.

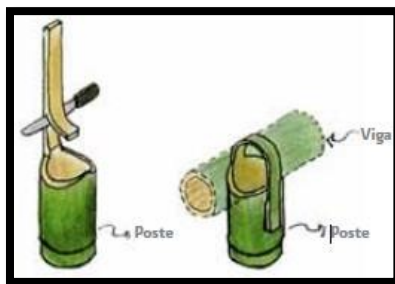


Ilustración 21.- Intersección de viga y columna con tiras propias del culmo columna

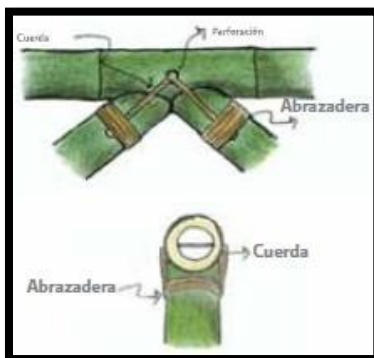


Ilustración 22.- Correas con doble abrazaderas de 3 perforaciones

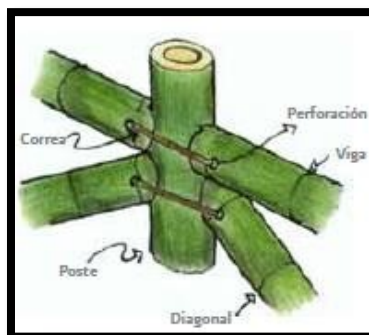


Ilustración 23.- Intersección de columna con diagonales

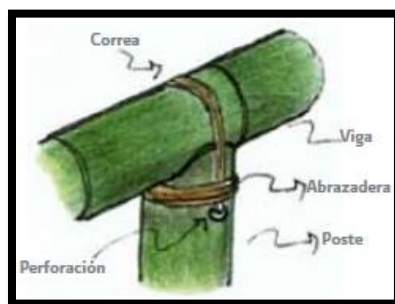


Ilustración 24.- Unión con amarre de correas entre

Un gran inconveniente son los agentes patógenos, debido a ser un material de origen orgánico, resulta muy frecuente ser afectado por diferentes tipos de agentes biológicos.

Uniones con pasadores

Las uniones con pasadores se utilizarán principalmente en la carpintería de caja y espiga. En este tipo de unión, los pasadores se insertan de manera paralela al eje de los culmos y estos se refuerzan con otros pasadores de mucho menor tamaño.

Luego se utilizarán uniones con pasadores y cuñas fabricadas a partir de madera dura. Dado que el diámetro de las guaduas es relativamente grande, por lo cual se realizarán 5 agujeros para este propósito. Con la finalidad que permita que los pasadores y cuñas proporcionen una solución más práctica y efectiva.

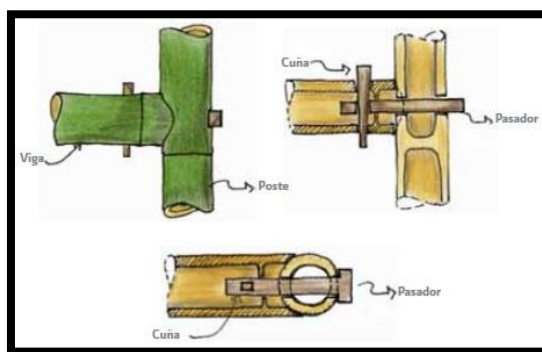


Ilustración 25.- Unión con pasador

Para las uniones que cuentan con elementos internos, es necesario perforar agujeros de manera horizontal y luego amarrarlos con una cinta bien apretada.

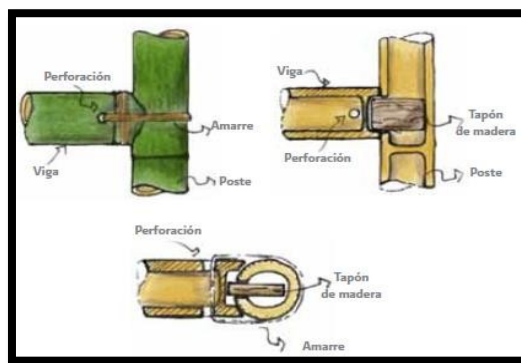


Ilustración 26.- Unión interna

Se observa el amarre de una viga horizontal a una columna y otro más para asegurar la diagonal. Por lo tanto, el tipo de unión que proporciona una solución adecuada es aquella que utiliza pasadores y amarres.

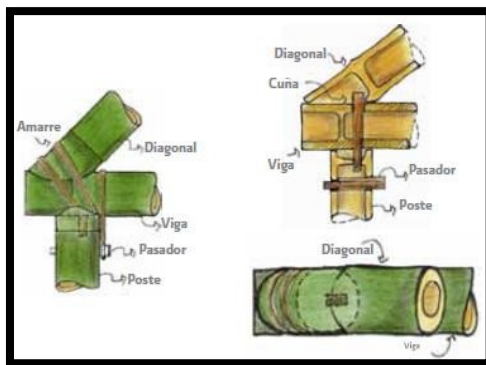


Ilustración 27.- Combinación de amarres y pasadores para las uniones

Al emplear las uniones con elementos en su interior de manera adecuada, se debe colocar una cuña apretada en el hueco con dos orejas horizontales, las cuales se fijarán a la columna. Luego, se atará una cuerda o pasador para asegurar la unión.

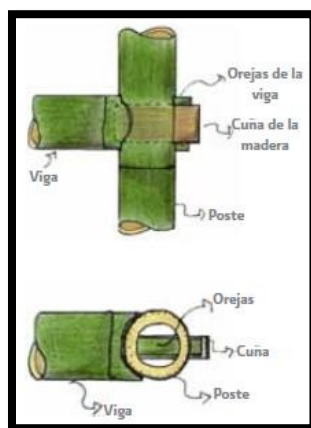


Ilustración 28.- Uniones internas por penetración del culmo

Es recomendable evitar el uso de uniones con tornillos de acero a presión en situaciones donde se anticipen considerables fuerzas al eje del culmo, ya que podrían experimentar fallas por aplastamiento.

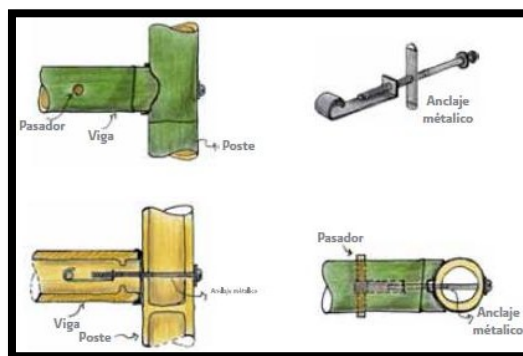


Ilustración 29.- Uniones a tensión con tornillos de acero

Uniones con centro de madera:

En el caso de las uniones con centro de madera, es necesario rellenar los huecos de los culmos con piezas de madera cilíndrica, asegurándose que los espesores de las guaduas sean los mismos. Estas piezas se fijarán con pegamentos o resinas, lo cual aumentaría su capacidad de carga de la guadua en la sección transversal.

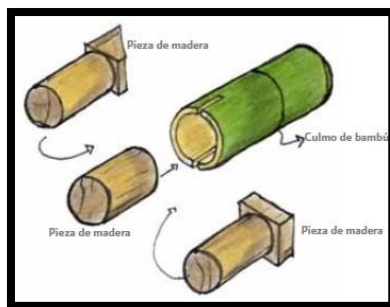


Ilustración 30.- Uniones con elementos de madera

Para realizar los agujeros, se necesitará emplear taladros especiales los que ayuden a evitar la formación de fisuras que podrían afectar su resistencia. La principal ventaja de este tipo de unión es su bajo costo y la disponibilidad de las piezas necesarias.

Además, se puede emplear una variante en este tipo de uniones que consiste en el uso de una pequeña placa metálica, la cual se inserta a la pieza de madera para así reforzar su unión.

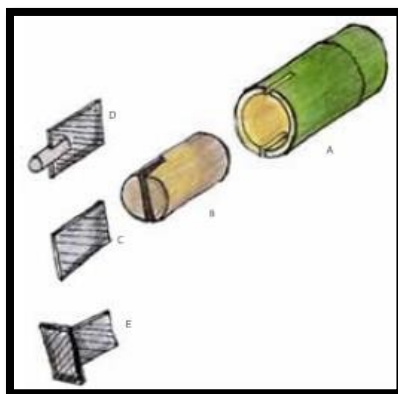


Ilustración 31.- Uniones con placas de material madera y material de acero

Uniones en estructuras espaciales

Para las uniones en estructuras espaciales, es importante mencionar que los elementos se conectan mediante placas metálicas, las cuales se ensamblan mediante soldaduras.

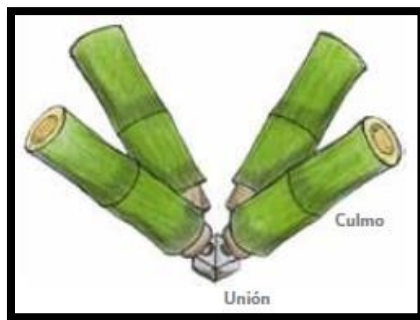


Ilustración 32.- Estructuras unidas de manera tridimensional

Uniones combinadas:

Estas uniones están compuestas por dos o más guaduas que ayudan a soportar las perforaciones realizadas para las uniones en los culmos. Cuando se utilizan este tipo de uniones para columnas, se logra aumentar la capacidad para soportar elementos de apoyo como vigas u otros elementos horizontales. En otros métodos de apoyo para columnas, el deterioro en la base suele ser debido a la falta de otros elementos de refuerzo.

Para vigas, se pueden emplear cuatro o seis guaduas o elementos separados en filas. La fila superior debe estar separada de la inferior mediante elementos de madera o tiras de guadua. Estos elementos a su vez deben estar separados a una distancia máxima de 1.00 metro para evitar deslizamiento.

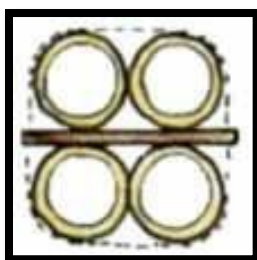


Ilustración 33.- Vigas conformadas por 4 elementos



Ilustración 34.- Viga doble central

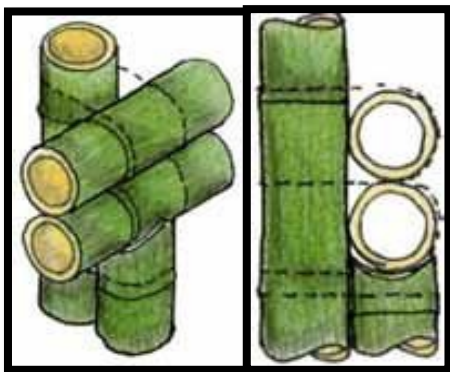


Ilustración 35.- Viga lateral doble

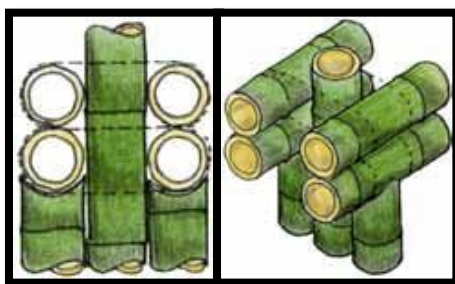


Ilustración 36.- Dos vigas laterales dobles

Uniones reforzadas con mortero o uniones metálicas:

Para ejecutar este tipo de uniones, se utiliza mortero y acero para facilitar el proceso de fabricación de uniones reforzadas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que uno de los riesgos al emplear este tipo de uniones es que, al contraerse los culmos de la guadua, podrían generarse fisuras que afectarían directamente la capacidad de resistencia a cargas. Por lo cual se debe tener presente que estudios anteriores han demostrado que la guadua tiene una mayor propiedad de contraerse entre 15 y 20 veces más que el mortero.

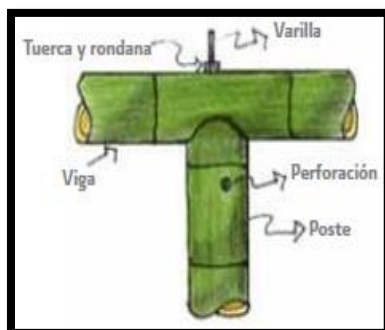


Ilustración 37.- Uniones con varillas de acero

Cuando se emplea la varilla especial de acero y el mortero, es importante colocar ambos

materiales con especial cuidado, ya que la guadua puede sufrir rajaduras debido a las transmisiones de carga.

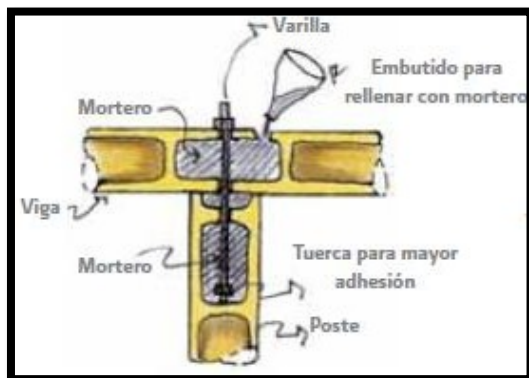


Ilustración 38.- Varilla de acero con vertido de mortero en uniones

La Colocación de varilla y vertido de mortero en la unión deben realizarse cuidadosamente.

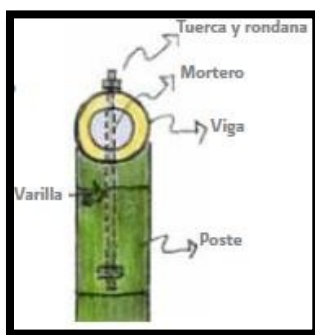


Ilustración 39.- Mortero con varillas de acero

Uniones con tiras de acero y pasadores:

Este tipo de unión es muy similar al anterior, ya que implica taladrar la guadua e insertar varillas de acero y mortero. En este proceso constructivo, las uniones se aseguran mediante tiras de acero lateral que fijan la guadua, lo cual ayuda en la transmisión de fuerzas en los distintos puntos del culmo y evita la concentración de cargas en un solo punto.

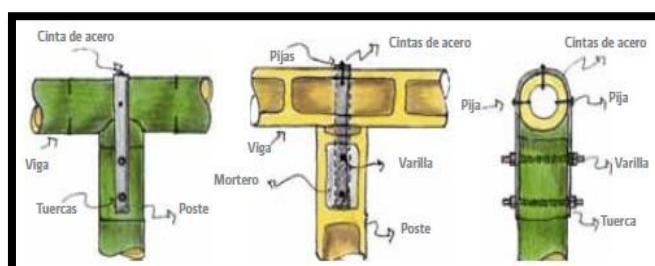


Ilustración 40.- Uniones sujetas con cintas y varillas de acero

Cargas admisibles para uniones

Las cargas que actuarán en las uniones empernadas con doble cizallamiento serán las siguientes:

Perno	De (mm)	P (N)	Q (N)	T (N)
#3	80	7212	2885	2000
	90	8008	3203	2100
	100	8804	3522	2200
	110	9601	3840	2300
	115	10041	4016	2400
	120	10481	4193	2500
	125	10922	4369	2600
	130	11362	4545	2700
	135	11802	4721	2800
	140	12242	4897	2900
#4	150	13039	5216	3000
	80	9710	3884	2000
	90	9916	3966	2100
	100	10943	4377	2200
	110	11970	4788	2300
	115	12521	5009	2400
	120	13072	5229	2500
	125	13623	5449	2600
	130	14174	5670	2700
	135	14725	5890	2800
#5	140	15276	6110	2900
	150	16303	6521	3000
	80	11540	4616	2000
	90	12806	5122	2100
	100	13250	5300	2200
	110	14515	5806	2300
	115	15185	6074	2400
	120	15855	6342	2500
	125	16525	6610	2600
	130	17195	6878	2700
#5	135	17865	7146	2800
	140	18535	7414	2900
	150	19800	7920	3000

Tabla 11.- Cargas Adm. de unión en Pernos

Materiales y métodos

Materiales:

- Útiles de escritorio
- Servicio de luz
- Servicio de internet
- Laptop
- Impresora multifuncional
- Papel Bond A4 paquete 500 Hojas
- Fotocopias
- Movilidad local
- Material de Bambú
- Herramientas de construcción para elaboración de puente de bambú escala
- Equipo topográfico: Nivel y mira para determinar el comportamiento a flexión del material.

Tipo de investigación:

- Propósito o finalidad: Investigación aplicada
- Diseño de investigación: Investigación descriptiva
- Tipo de datos analizados: Cuantitativa
- Metodologías de estudios: Experimental

Métodos y estrategias para constatar hipótesis:

- Estudio y revisión de investigaciones tanto a nivel nacional como internacional de las aplicaciones del bambú para la elaboración de estructuras tipo puente.
- Derivar la información recopilada para el desarrollo de propuesta en diseño.
- Utilizar el método de esfuerzos admisibles para realizar el diseño o modelado de la propuesta estructural del puente peatonal con material de bambú *Guadua*.

Operacionalización de variables:

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADOR	UNID. DE MEDIDA	METODO DE MEDICION
Bambú Guadúa Angusifolia	Propiedades Mecánicas	Esfuerzo a Compresión	Kg/cm ²	Norma Técnica Peruana E.100 Organización Internacional de Normalización (ISO): ISO 22156-2021. Organización Internacional de Normalización (ISO): ISO 22157:2019 Norma Técnica Colombiana NTC 5301 Norma Técnica Colombiana NTC 5525
		Esfuerzo a Flexión		
		Esfuerzo a Tracción		
		Esfuerzo a Corte		

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSION	INDICADOR	UNID. DE MEDIDA	METODO DE MEDICION
Material Estructural para el diseño y elaboración de Puentes Peatonales	Cargas	Cargas vivas (L)	Kg/cm ²	Norma E.100
		Cargas Muertas (SD) Cargas de Viento (Fh) Combinación de Cargas		Método de Esfuerzos Admisibles
	Tipos	Tipología de puente	-	Manual de puentes Ensayo Método Empírico

Desarrollo de la investigación

Determinación de tipología:

Para lograr determinar la tipología óptima para cargas en este tipo de material, debemos determinar los conceptos estructurales básicos que se adapten a las necesidades del proyecto, los cuales se clasifican: Según el sistema estructural Principal y Según el tiempo de Vida Previsto:

El [14] clasifica la tipología de **los puentes según su sistema estructural principal** en: Puentes tipo viga, puentes tipo arco y puentes suspendidos.

El [14] clasifica **los puentes según el Tiempo de Vida Previsto** en: Puentes definitivos (75 años de servicio) y puentes temporales (no mayor a 5 años de servicio), estos se diferencian de la preferencia estructural con el cual se diseñan y elaboran. Para ello, debemos tener en cuenta que el bambú también es apto a considerarse dentro de ambas clasificaciones, debido a que este material puede oscilar entre los 80 – 100 años de duración en un proyecto si se usa la técnica adecuada de preservación y mantenimiento.

Por lo tanto, se da inicio observando conceptos de puentes de guadua en otras culturas tropicales de diferentes partes del mundo a lo largo de la historia, de tal forma que, con los antecedentes mencionados y las características de cada proyecto que se pueda visualizar, determinar en base a las clasificaciones anteriormente mencionadas, la estructura óptima para cubrir las diferentes necesidades que el proyecto demande.

Este puente peatonal fue realizado por los aborígenes de la isla Java en Indonesia, el cual muestra un sistema de **puente peatonal tipo atirantado**, y a causa de la geografía in situ, se aplicó un amplio sistema de pilotaje, en la fotografía se muestra una ingeniería tradicional y de mucho aporte poblacional, el cual cubre la **necesidad de conectar dos puntos sobre el cauce de un río** a largo plazo, donde para la época, la técnica de uso (diseño) y mantenimiento empleado buscaba edificar un **puente definitivo** que permitía unir comercio y transporte peatonal o de ligera carga.



Ilustración 41.- Puente peatonal tipo atirantado realizado en la Isla de Java - Indonesia (1890)

En la siguiente imagen se puede apreciar un **puente peatonal colgante**, donde se usa el bambú como si fuera una cuerda, mediante un machete retirando la parte externa del bambú se realiza un tejido lateral se realizaba con para entorchar en forma de cuerdas, “siendo un puente colgante que se temple como una guitarra”, cubre la necesidad de conectar dos puntos sobre un lago, el cual debido a la época, se buscaba mantener una estructura a largo plazo que permita comunicar comunidades para comercio y socialización.

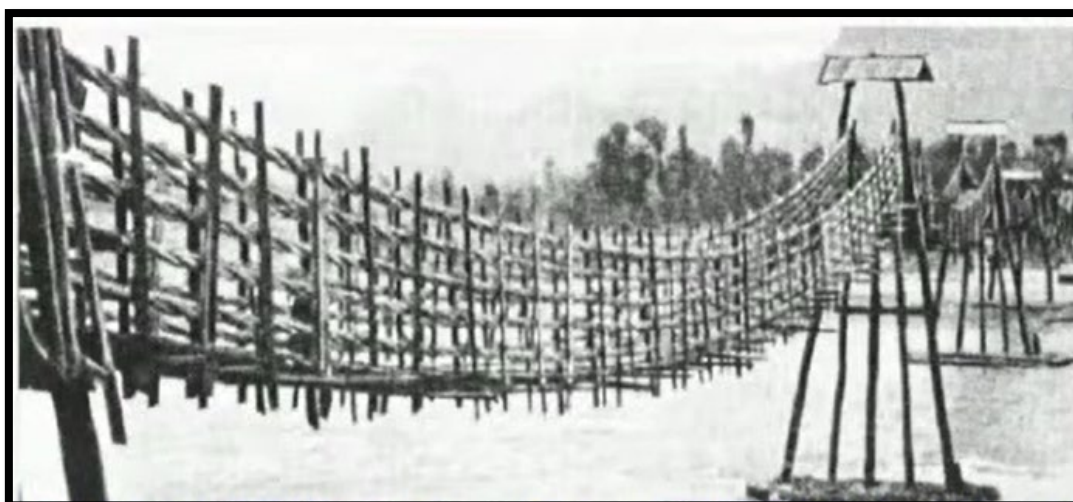


Ilustración 42.- Puente colgante templado

El siguiente puente, es un **puente peatonal de Guadua en tipo arco**, donde [26] relata los distintos diseños y soluciones formales que conjuntan habilidades estéticas e ingenieriles el cual muestra una estructura construida y diseñada por el mismo Jorge Stamm en 1998, donde la estructura de bambú cuenta con una luz libre de 30 metros de longitud, el cual aplica ingeniería moderna, manteniendo una regla de diseño por experiencia del 20% en la luz libre en altura, entre el 10% - 30% de la luz libre en el ancho del piso de la estructura (dependiendo magnitud del puente), y un 10% de la luz libre en la altura desde el N.T.N. hasta el N.P., resaltando la estética y la eficiencia estructural en su diseño.

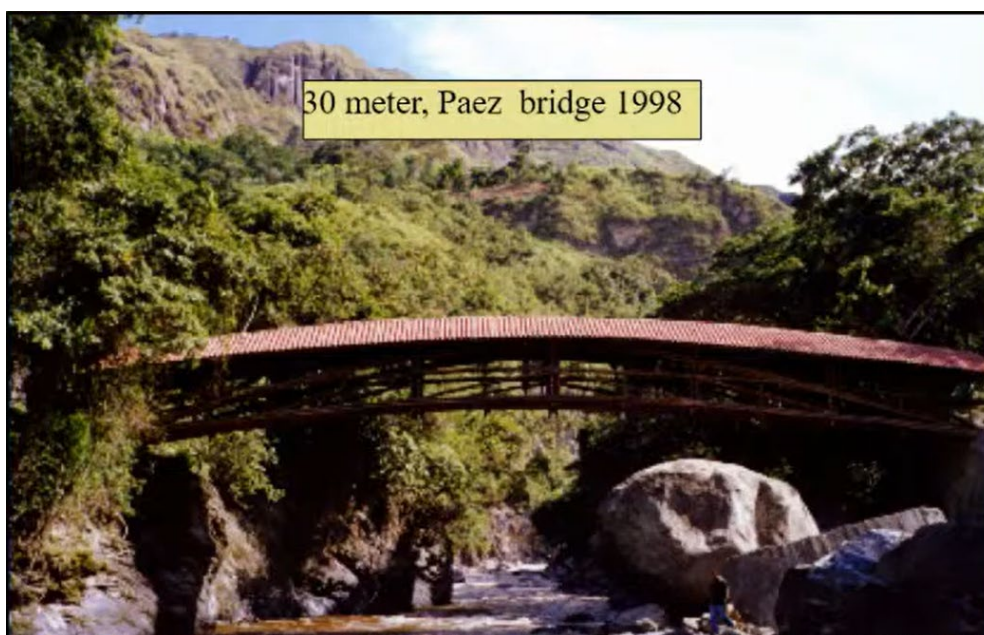


Ilustración 43.- Puente tipo Arco - Paez Bridge (1998) elaborado por Jorg Stamm

En la modernidad, [27] nos reporta que china se convierte en el primer país en construir un puente de bambú capaz de soportar vehículos de gran tonelaje, soportando hasta un total de 90 toneladas, ubicado sobre una carretera en Daozi, provincia de Hunan, cruzando un río de una longitud de 9 metros, con un ancho de 3.4, este proyecto se caracteriza por estar apoyado sobre 9 grandes **vigas de bambú reforzado con fibras de vidrio**, con un proceso constructivo de tan sólo diez (10) días, inaugurado con el paso de un camión de doble eje de 8 toneladas, y con una vida útil de servicio entre 20 a 30 años



Ilustración 44.- Puente de Bambú y Fibra de Vidrio - Hunan - Daozi (2007)

Complementando la información anterior se agregan los conceptos estructurales básicos que se manejan en Puentes de madera:

- El primero es el **concepto Poste – Viga**: A lo que también se le puede denominar una pasarela, debido a que no es un puente en sí, es más bien un pasadizo, siendo una forma no duradera y poco confiable, condicionados a cargar lo que aguanta la viga, limitando el paso vehicular a pesos muy reducidos.

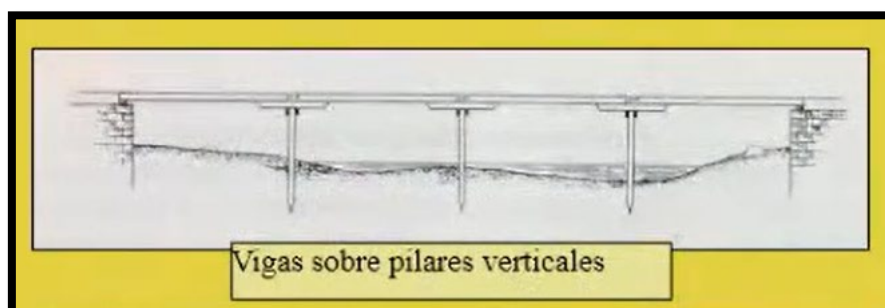


Ilustración 45.- Vigas sobre pilares verticales

- Teniendo una solución ingenieril donde, aplicando triángulos e incrementando el espesor de la viga creando una altura artificial y manteniendo el piso a una “altura colgante” se obtiene una Cercha Rey, donde los dos compresores descargan a los dos estribos.

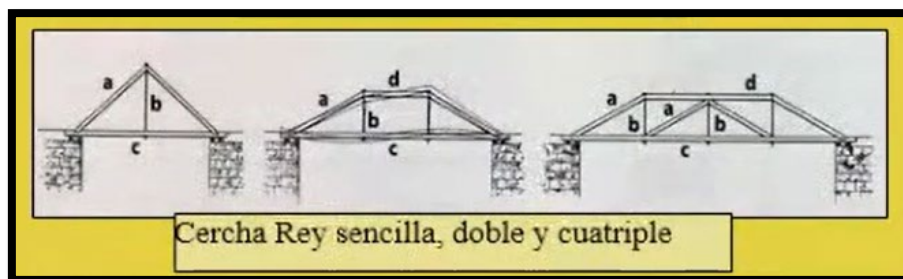


Ilustración 46.- Cercha Rey Sencilla, doble y cuatriple

- Hay otras formas en cuestiones de altura donde puede usarse la **Viga sobre Diagonales**, donde el puente podría apoyarse desde la zona inferior, pero tiene una desventaja donde en las crecidas de ríos, en el arrastre de troncos y demás, estas diagonales peligran y exponen de colapso a la estructura.

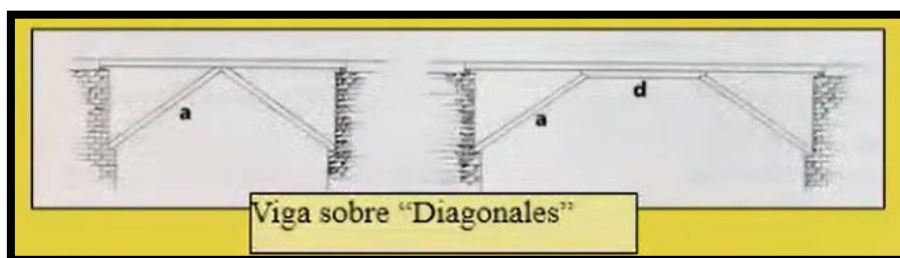


Ilustración 47.- Viga sobre "Diagonales"

- La solución óptima sería usar una combinación de Cerchas Rey con Vigas.

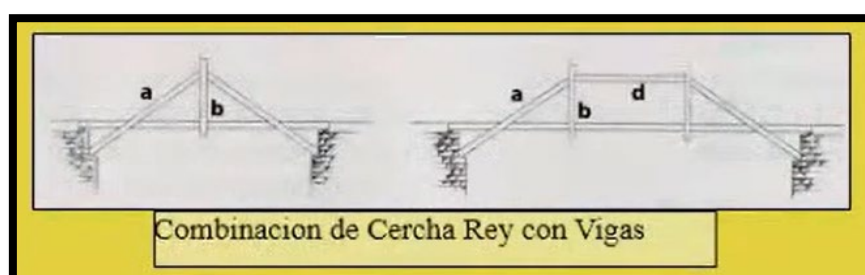


Ilustración 48.- Combinación de Cercha Rey con Vigas

Estos conceptos básicos de puentes en madera se aplican en los cuatro siguientes sistemas de puentes, los cuales son las continuaciones lógicas de los principios anteriormente desarrollados:

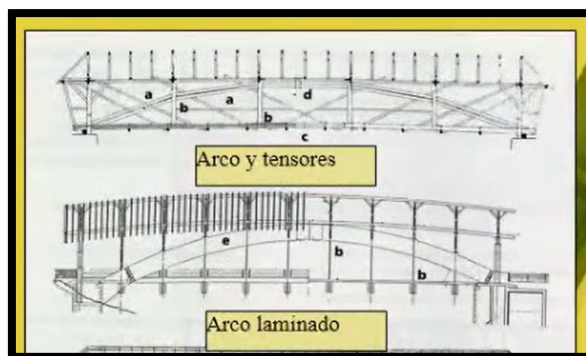


Ilustración 49.- Arco y Tensores - Arco Laminado

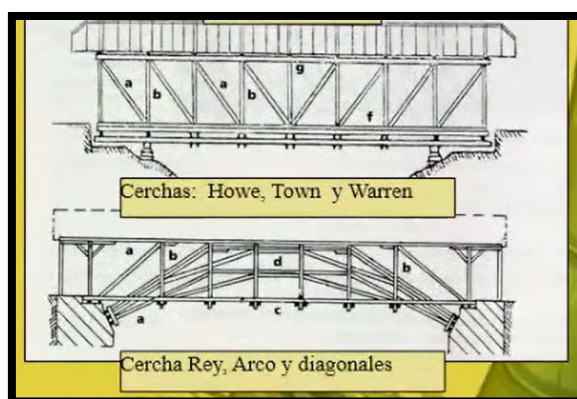


Ilustración 50.- Cerchas: Howe, Town y Warren - Cercha Rey, Arco y diagonales

Con los criterios anteriormente mencionados se necesita comprender el comportamiento mecánico de la caña de bambú como material estructural para una luz libre de 7 metros de longitud, esto con el fin de complementar la revisión bibliográfica y de esa manera determinar la tipología óptima en relación con el comportamiento real del material. Para esto se realizó un pequeño experimento de resistencia de materiales, realizando un ensayo de flexión para determinar el comportamiento mecánico de deformación del material y cuantificarlo mediante una curva carga-desplazamiento.

Ensayo para determinar el comportamiento de deformación del material mediante análisis de curva carga- desplazamiento:

El prototipo utilizado corresponde a una caña de bambú guadua tipo leñoso, dicho material es sometido a cargas constantes de cada 25kg en dos puntos, ubicados a $1/3L$ y $2/3L$, se registrará el desplazamiento mediante un nivel topográfico hasta hallar su deflexión máxima o el punto de rotura. Las dimensiones del prototipo final son:

DATOS		
Longitud bambú:	7.50	metros
Longitud de Zanja:	7.00	metros
Diámetro promedio:	0.08	metros
Peso:	5.60	kg

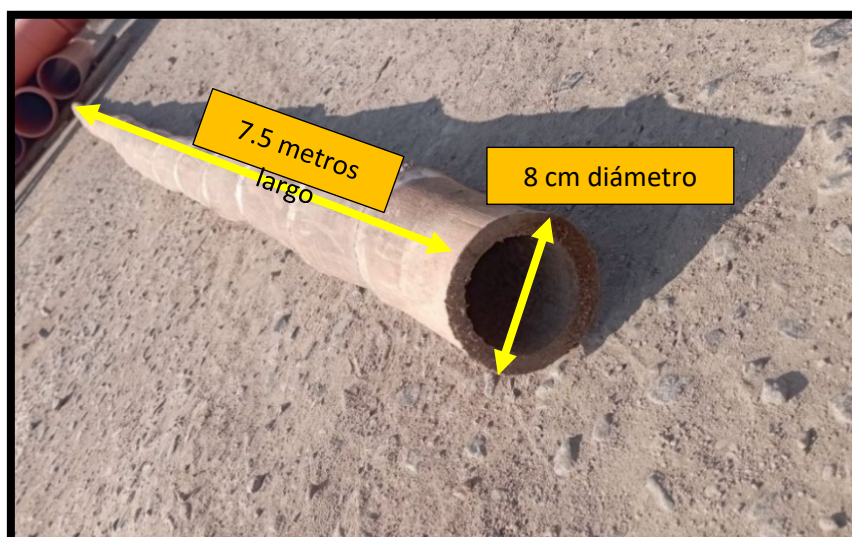


Ilustración 51 .- Dimensiones de prototipo de estructura de bambú a ensayar



Ilustración 52.- Dimensiones de Zanja, manteniendo la luz de referencia establecida en los objetivos

Descripción del ensayo:

Manteniendo el objetivo principal del ensayo, se busca comprender el comportamiento del material sometiéndolo a cargas por flexión, de tal manera se pueda observar el comportamiento elástico del material, y evaluar su aplicación empleado en luces cortas, referenciándose mediante un gráfico carga-desplazamiento, para ello iniciamos recolectando los datos necesarios como el peso, la longitud, el diámetro y las cargas que se van a aplicar. Posteriormente se ubicó la estructura de bambú simplemente apoyada en los dos extremos en una luz de similares dimensiones a las cuales está dirigida el objetivo del proyecto, tal cual se detalla en la Ilustración 53.

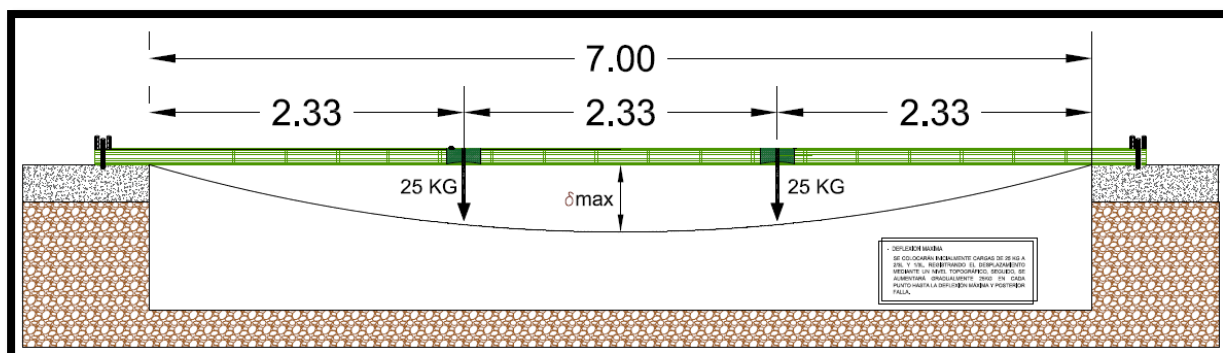


Ilustración 53.- Plano detalle de ensayo

Se procedió a instalar los sistemas para las cargas suspendidas que se van a aplicar y a restringir el desplazamiento vertical:



Ilustración 54.- Sistema de apoyo y sistema para ubicar cargas suspendidas

Una vez instalado el sistema se procedió a suministrar las cargas en los puntos establecidos y registrar su desplazamiento mediante el protocolo de deflexión previamente establecido con el asesor para registrar los resultados obtenidos en campo, tal cual se muestra en la Ilustración 55 e Ilustración 56:



Ilustración 55.- Lectura en ensayo de deflexión con cargas de 50Kg



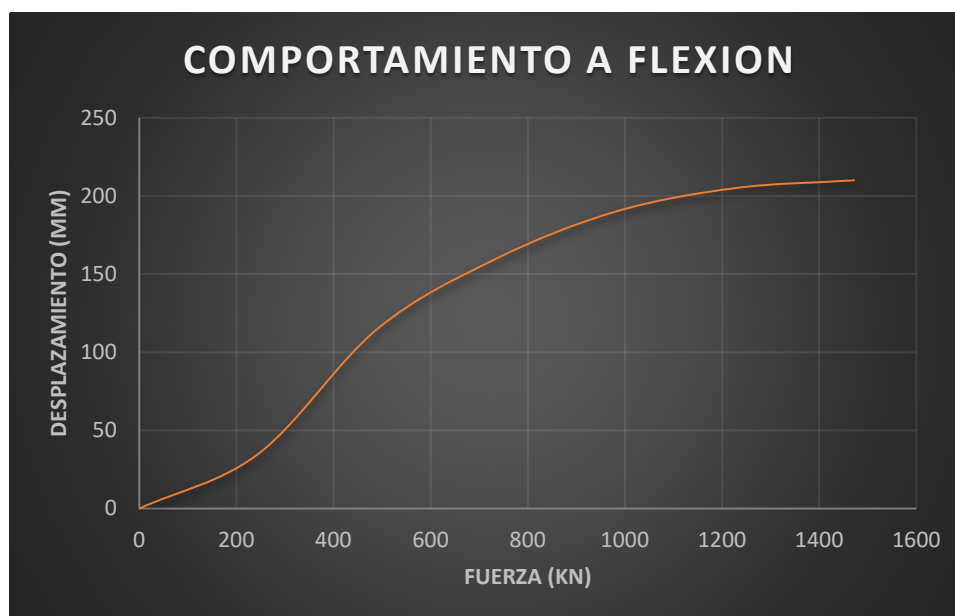
Ilustración 56.- Lectura en ensayo de deflexión con cargas de 100Kg

Obteniendo como resultados registrados los datos que se muestran a continuación en la Tabla 11:

Tabla 12.- PROTOCOLO DE DEFLEXION - Lectura de datos – Fuente: Propia

Nº CARGA	Peso (Kg)	Fuerza (N)	Lectura (cm)	δu (cm)	Desplazamiento (mm)
Pi	0.00	0.00	17.00		00
P1	25	245.25	20.50	3.50	35
P2	25	490.50	28.50	8.00	115
P3	25	735.75	33.00	4.50	160
P4	25	981.00	36.00	3.00	190
P5	25	1226.25	37.50	1.50	205
P6	25	1471.50	38.00	0.50	210
P total (kg) =	150.00	1471.50	δu max(cm)=	21.00	

De los datos obtenidos, se presenta la gráfica relación Fuerza – Desplazamiento, con una carga total en la estructura de 1471.50N, de los resultados obtenidos puede observarse que el material tiene un alto índice de deformación y resistencia a cargas por flexión.



Puede decirse que frente a flexión el prototipo ensayado tiene un comportamiento muy dúctil parecido a un acero de construcción, produciendo una deformación muy significativa. Este hecho hace pensar que el dimensionamiento a flexión de este tipo de estructura está dominado por el dimensionamiento en deformación. Sin lograr mantener control estricto, se ha observado

que el total de la deformación del elemento ensayado es recuperable al 100% cuando deja de aplicarse la carga, lógicamente sin llegar al límite de rotura o con presencia de fisuramiento. El diseño de la estructura puede aumentar o reducir la deflexión de una viga; por ejemplo, dos guaduas puestas una al lado de la otra horizontalmente, se flexionan la mitad de lo que se flexionaría si la guadua estuviera sola.

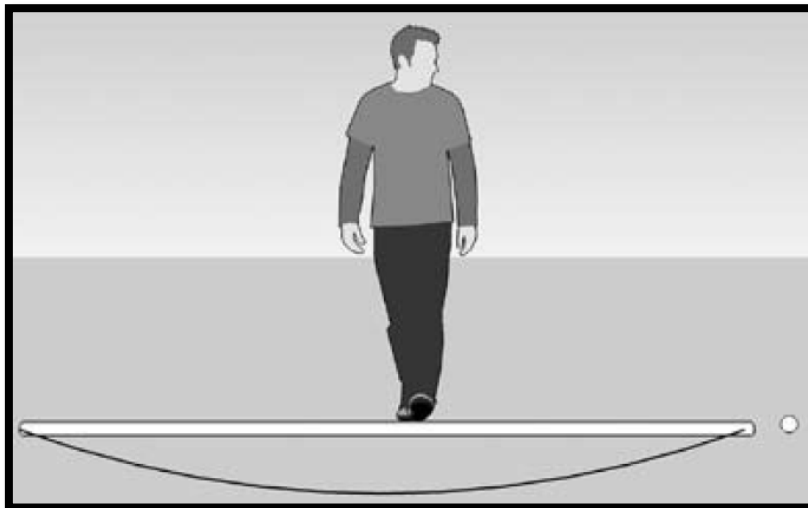


Ilustración 57.- Comportamiento Deflexión de una viga

A lo que dos guaduas unidas compartirían la carga en un 50% distribuidas a ambas estructuras.

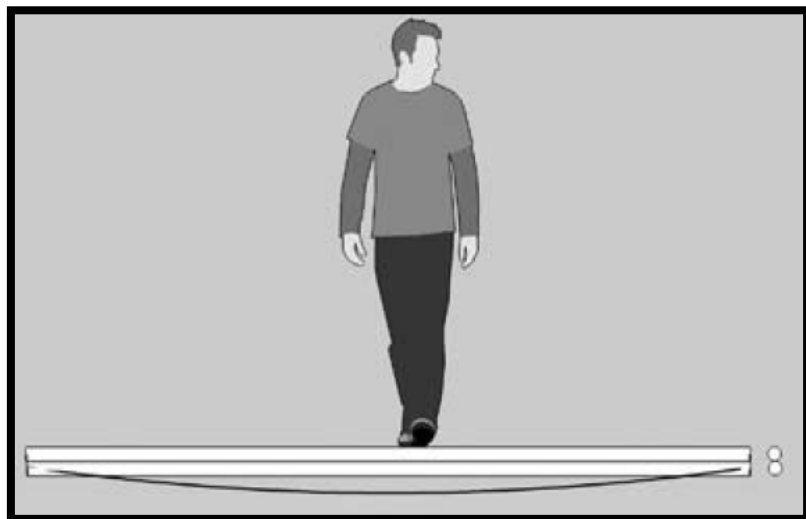


Ilustración 58.- Comportamiento Deflexión con dos Vigas

Estos sencillos pero lógicos y eficientes conceptos son la base del cálculo que se debe contemplar para realizar el diseño estructural.

Las cerchas son las estructuras más utilizadas en la construcción de puentes, pero su diseño se debe realizar cuidadosamente porque en sus elementos se genera gran cantidad de esfuerzos que trabajan tanto a compresión como a tensión.

Estas estructuras se construyen, por lo general, con una contra flecha, ya que con ella se obtiene una especie de arco que compensa en algo el inevitable asentamiento del armazón.

Con ello se evidencia el alto índice de deformación del material, siendo este un factor indicativo del alto índice de elasticidad y gran capacidad de deformación que presenta, por ello, teóricamente la tipología óptima para el uso del bambú para este proyecto y en luces cortas serían los puentes tipo arco, debido que trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforman en un empuje horizontal y una carga vertical. Normalmente la esbeltez del arco (relación entre la flecha máxima y la luz) es alta, haciendo que los esfuerzos horizontales sean mucho mayores que los verticales. Por este motivo son adecuados en sitios donde las cimentaciones de los apoyos son capaces de proporcionar una buena resistencia al empuje horizontal.

En general las guaduas que se utilizan en los puentes son largas y flexibles porque se acostumbran arquear hacia arriba, de esta forma la curvatura convexa hace que se neutralice la flexibilidad del bambú. En las orillas o en los extremos del puente, las guaduas se tensionan entre rocas, piedras o cimientos de concreto. También se debe considerar que el bambú es un material natural, sus estructuras no pueden ser idénticas, por ende, las piezas son seleccionadas en grupos de acuerdo a su diámetro y longitud. Por ejemplo, las cañas de mayor diámetro y enderezadas son utilizadas para postes y diagonales, trabajando a compresión, mientras que las intermedias son usadas para las diagonales tensionadas y correas. Las que poseen alguna deformación pronunciada se aprovechan en los arcos y barandales.

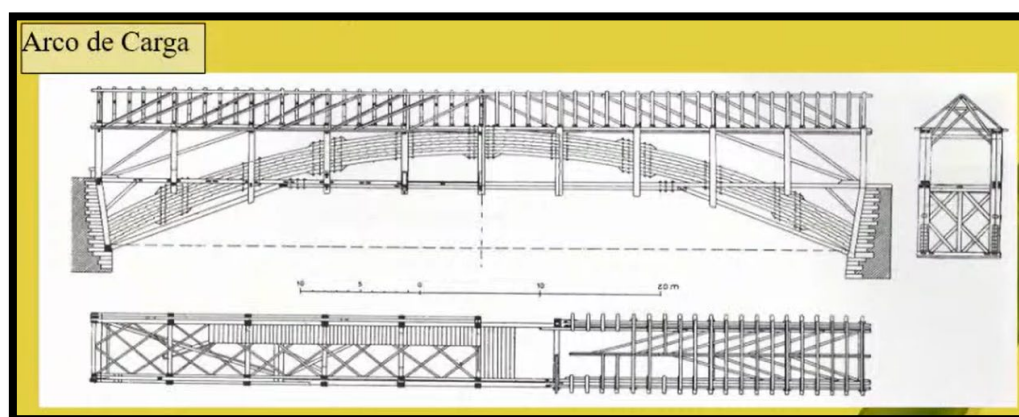


Ilustración 59.- Arco de Carga

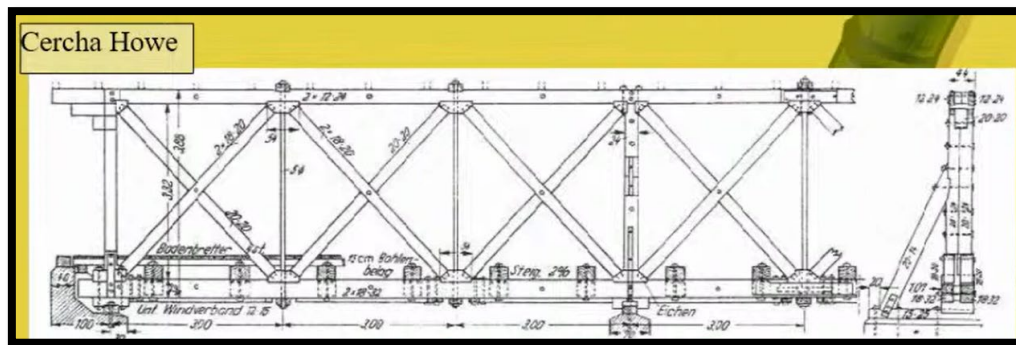


Ilustración 60.- Cercha Howe

Cabe aclarar que esto no es un limitante a diseñar puentes tipo viga u otras tipologías según demande las necesidades, esto debido a que se logró determinar que con tratamiento o implementación de algunas tecnologías, se pueden lograr mayores resultados, tal como existe el puente de bambú tipo viga, procesado industrialmente con fibras de vidrio que superan tanto en resistencia como en longitud a las que demanda este proyecto, sin embargo sin la intervención de mayores tecnologías, lo que se busca en esta investigación es determinar la efectividad del uso neto del material para la diseñar y elaborar la superestructura del puente.

Diseño y modelación:

Predimensionamiento de puentes peatonales:

La estructura principal propuesta para esta modelación consiste en arcos compuestos por unidades de Guadua, de los cuales están diagonalmente arriostrados mediante por uniones mecánicas. Además, se incluirán placas de tableros conformados por guaduas para completar la estructura.

Zonificación

De acuerdo a [28], la zona Rural referenciada pertenece a la Zona 3 de acuerdo al mapa de zonificación sísmica.

Para la definición del área urbana y rural se debe seguir la definición censal: (Manual del empadronador. INEI. 1993), donde según define [29] el área rural o centro poblado rural, es aquel que no tiene más de 100 viviendas agrupadas contiguamente ni es capital de distrito; o que teniendo más de 100 viviendas, éstas se encuentran dispersas o diseminadas sin formar bloques o núcleos.

La cual también establece que las zonas rurales en mayor afluencia dentro de las Regiones geográficas se encuentran ubicadas en la Sierra y parte de la Selva,

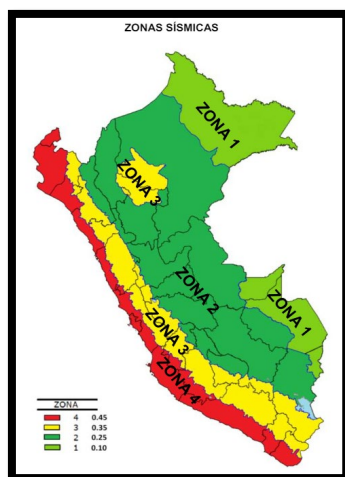


Ilustración 61.- Zona Sísmica RNE

En la imagen se observa que de acuerdo con [28] el área que delimita la parte geográfica de la Sierra y parte de la Selva (Zonas Rurales) se determina como Zona 3.

La variable independiente con la cual se basó la presente investigación se expresa en función de las siguientes dimensiones para el diseño:

Tabla 13.- Recopilación de Datos expresados en Variable

DIMENSIONES	INDICADOR	
PROPIEDADES MECÁNICAS	A	ESFUERZO A COMPRESION
	B	ESFUERZO A FLEXION
	C	ESFUERZO A CORTE

Equipos para la realizacion de ensayos

La prensa mecánica a compresión fue el instrumento que permitió determinar las propiedades mecánicas de las piezas de bambú ensayadas, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, corte y flexión:



Ilustración 62.- Equipo Maquina a Compresión y Flexión H3

La máquina usada para determinar las propiedades mecánicas de la muestra para resistencia a tracción se dio por la maquina a tracción:



Ilustración 63.- Equipo Maquina a Tracción

Propiedades mecánicas:

Para definir las propiedades en cuestión, se realizan los ensayos para esfuerzos admisibles de acuerdo con la [24] y [20], todos estos los elementos se les realizarán ensayos para identificar la capacidad a compresión, capacidad acorte, capacidad a tracción y capacidad a flexión:

- **Esfuerzo a compresión**

Se determina los esfuerzos admisibles a compresión del Bambú Guadua, referenciados con la [24] y [20], la cual indica que para los ensayos de compresión se utiliza el promedio de la suma de dos veces el diámetro del culmo:

Tabla 14.- Tabla Resultados Ensayo a Compresión

Muestra N°	Descripción de la probeta	Carga de Rotura (Kg.F)	Resist. a la Compresión (Kg/ cm ²)	Esfuerzo ult. a Compresión (Mpa)	Esfuerzo ult. a Compresión promedio por culmo (Mpa)	Esfuerzo ult. a Compresión promedio total (Mpa)
01	CULMO INFERIOR 01	5950	104.86	10.00	11.00	11.00
02	CULMO INFERIOR 02	4800	124.73	12.00		
03	CULMO INFERIOR 03	6940	109.09	11.00		
04	CULMO INFERIOR 04	4380	77.19	8.00		
05	CULMO INFERIOR 05	8430	167.71	16.00		
06	CULMO INTERMEDIO 01	5340	83.94	8.00	11.00	
07	CULMO INTERMEDIO 02	6430	113.31	11.00		
08	CULMO INTERMEDIO 03	7630	151.79	15.00		
09	CULMO INTERMEDIO 04	6030	94.79	9.00		
10	CULMO INTERMEDIO 05	6890	108.30	11.00		
11	CULMO SUPERIOR 01	5290	105.24	10.00	10.00	
12	CULMO SUPERIOR 02	4220	95.52	9.00		
13	CULMO SUPERIOR 03	3620	94.06	9.00		
14	CULMO SUPERIOR 04	5400	140.32	14.00		
15	CULMO SUPERIOR 05	4950	98.48	10.00		

Tabla 15.- Tabla Resultado Promedio Compresión en Mpa

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	11.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	11.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	10.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	11.00	Mpa

El Esfuerzo a **COMPRESIÓN** admisible en promedio total del Bambú Guadua es de **11.00Mpa**

- **Esfuerzo a flexión:**

Se determina los esfuerzos admisibles a flexión del Bambú Guadua, referenciados con la [24] y [20], el cual indica que para los ensayos de compresión se utiliza el promedio de la suma de dos veces el diámetro del culmo:

Tabla 16.- Tabla de Resultados de Ensayo a Flexión

Muestra N°	Descripción de la probeta	Area de la muestra (cm ²)	Carga de Rotura (Kg.F)	Esfuerzo ult. a flexion (Kg/cm2)	Esfuerzo Ult. a Flexion (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Flexion Promedio por Culmos (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Flexion total (Mpa)
01	CULMO INFERIOR 01	50.27	330.00	58.1046	6.00	9.00	7.00
02	CULMO INFERIOR 02	33.18	380.00	115.4092	11.00		
03	CULMO INFERIOR 03	44.18	440.00	91.5401	9.00		
04	CULMO INFERIOR 04	38.48	370.00	92.2431	9.00		
05	CULMO INTERMEDIO 01	44.18	340.00	70.7355	7.00	6.00	
06	CULMO INTERMEDIO 02	50.27	440.00	77.4728	8.00		
07	CULMO INTERMEDIO 03	50.27	200.00	35.2149	3.00		
08	CULMO INTERMEDIO 04	50.27	330.00	58.1046	6.00		
09	CULMO SUPERIOR 01	50.27	330.00	58.1046	6.00	5.00	
10	CULMO SUPERIOR 02	56.75	320.00	48.2678	5.00		
11	CULMO SUPERIOR 03	50.27	270.00	47.5401	5.00		
12	CULMO SUPERIOR 04	56.75	270.00	40.7259	4.00		

Tabla 17.- Tabla Resultado Promedio Flexión en Mpa

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	9.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INTERMEDIO =	6.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO SUPERIOR =	5.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	7.00	Mpa

El Esfuerzo a **FLEXIÓN** admisible en promedio total del Bambú Guadua es de **7Mpa**.

- **Esfuerzo a corte:**

Se determina los esfuerzos admisibles a corte del Bambú Guadua, referenciados con la [24] y [20], donde, de acuerdo a Normativa, el resultado debe redondearse al segundo decimal en Mpa:

Tabla 18.- Tabla de Resultados de Ensayo a Corte

Item	Descripción de la probeta	$\Sigma(t*L)$ cm^2	Carga de Rotura (Kg.F)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Ult. a Corte (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Corte Promedio por Culmos (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Corte total (Mpa)
01	CULMO INFERIOR 01 (N)	63.00	790.00	12.54	1.00	1.00	1.00
02	CULMO INFERIOR 02 (N)	58.00	710.00	12.24	1.00		
03	CULMO INFERIOR 03	63.00	490.00	7.78	1.00		
04	CULMO INFERIOR 04	63.00	530.00	8.41	1.00		
05	CULMO INTERMEDIO 01 (N)	58.8	720.00	12.24	1.00	1.00	
06	CULMO INTERMEDIO 02 (N)	58	610.00	10.52	1.00		
07	CULMO INTERMEDIO 03	63	510.00	8.10	1.00		
08	CULMO INTERMEDIO 04	63	450.00	7.14	1.00		
09	CULMO SUPERIOR 01 (N)	60.90	500.00	8.21	1.00	1.00	
10	CULMO SUPERIOR 02 (N)	58.00	690.00	11.90	1.00		
11	CULMO SUPERIOR 03	63.00	510.00	8.10	1.00		
12	CULMO SUPERIOR 04	60.90	450.00	7.39	1.00		

Tabla 19.- Tabla Resultado Promedio Corte en Mpa

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	1.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	1.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	1.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	1.00	Mpa

El Esfuerzo a **CORTE** admisible en promedio total del Bambú Guadua es de **1.00Mpa**.

- **Esfuerzo a tracción:**

Se determina los esfuerzos admisibles a compresión del Bambú Guadua, referenciados con la [24] y [20] , indicando que el proceso de realizar los esfuerzos a tracción es mediante considerando las medidas de las probetas sean de 0.1mm para los ensayos a compresión dadas:

Tabla 20.- Tabla de Resultados de Tracción a Corte

Muestra N°	Denominación de Espécimen	A = Area seccion transversal (mm^2)	Fult =Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo (Kg.F)	Esfuerzo ult. a Tracción (Mpa)	Esfuerzo ult. a Tracción (Mpa) promedio por culmo	Esfuerzo ult. a Tracción (Mpa) promedio total
01	CULMO INFERIOR 01	255.00	490	18.84	17.00	16.00
02	CULMO INFERIOR 02	246.50	430	17.11		
03	CULMO INFERIOR 03	255.00	410	15.77		
04	CULMO INFERIOR 04	246.50	320	12.73		
05	CULMO INFERIOR 05	255.00	500	19.23		
06	CULMO INTERMEDIO 01	255.00	460	17.69	17.00	
07	CULMO INTERMEDIO 02	255.00	480	18.46		
08	CULMO INTERMEDIO 03	255.00	470	18.08		
09	CULMO INTERMEDIO 04	246.50	280	11.14		
10	CULMO INTERMEDIO 05	255.00	460	17.69		
11	CULMO SUPERIOR 01	255.00	430	16.54	16.00	
12	CULMO SUPERIOR 02	246.50	370	14.72		
13	CULMO SUPERIOR 03	255.00	400	15.38		
14	CULMO SUPERIOR 04	255.00	440	16.92		
15	CULMO SUPERIOR 05	246.50	430	17.11		

Tabla 21.- Tabla Resultado Promedio Tracción en Mpa

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	17.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INTERMEDIO =	17.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO SUPERIOR =	16.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	16.00	Mpa

El Esfuerzo a **TRACCIÓN** admisible en promedio total del Bambú Guadua es de **16Mpa**.

Resumen y cuadro comparativo de esfuerzos:

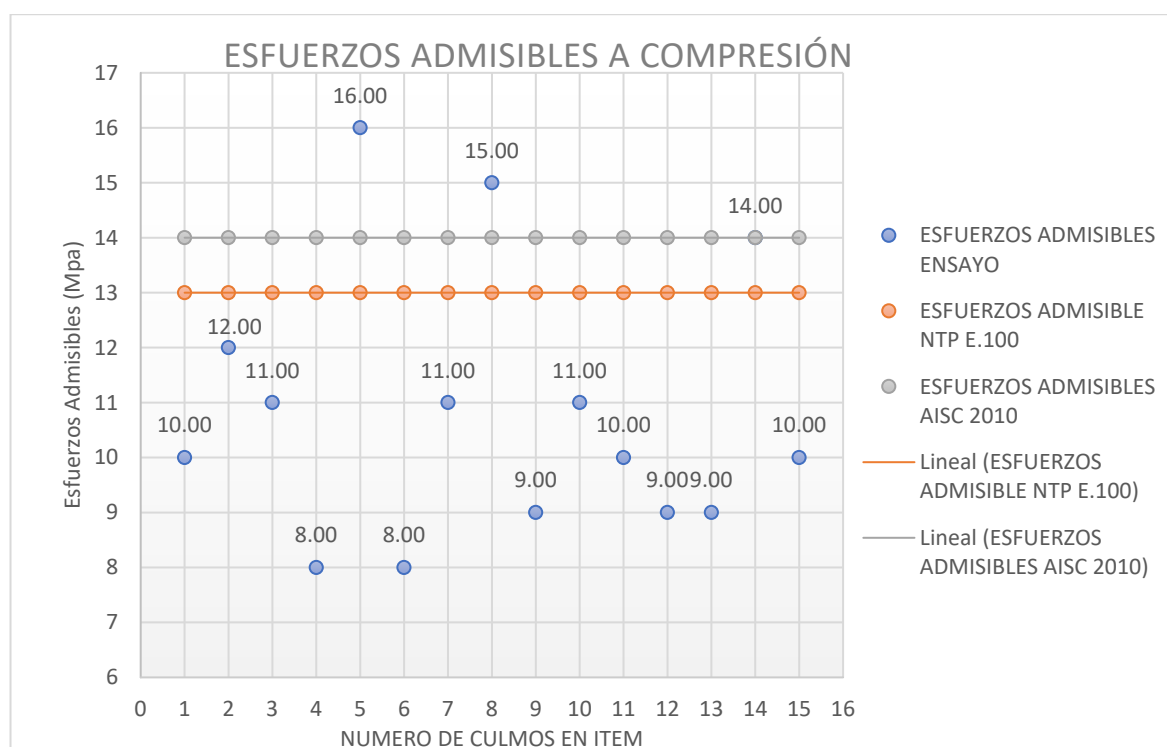
Esfuerzos admisibles de guadua angustifolia a compresión

Una vez realizados los cálculos de esfuerzos admisibles a compresión, se procede a realizar la comparación respectiva entre los esfuerzos a compresión calculadas, los esfuerzos a compresión según el RNE (E 100) y los esfuerzos Admisibles Aisc 2010:

Tabla 22.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Compresión

ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESIÓN							
ITEM	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	104.86	10.00	130	13	140	14
2	CULMO INFERIOR 02	124.73	12.00	130	13	140	14
3	CULMO INFERIOR 03	109.09	11.00	130	13	140	14
4	CULMO INFERIOR 04	77.19	8.00	130	13	140	14
5	CULMO INFERIOR 05	167.71	16.00	130	13	140	14
6	CULMO INTERMEDIO 01	83.94	8.00	130	13	140	14
7	CULMO INTERMEDIO 02	113.31	11.00	130	13	140	14
8	CULMO INTERMEDIO 03	151.79	15.00	130	13	140	14
9	CULMO INTERMEDIO 04	94.79	9.00	130	13	140	14
10	CULMO INTERMEDIO 05	108.30	11.00	130	13	140	14
11	CULMO SUPERIOR 01	105.24	10.00	130	13	140	14
12	CULMO SUPERIOR 02	95.52	9.00	130	13	140	14
13	CULMO SUPERIOR 03	94.06	9.00	130	13	140	14
14	CULMO SUPERIOR 04	140.32	14.00	130	13	140	14
15	CULMO SUPERIOR 05	98.48	10.00	130	13	140	14

Tabla 23.- Esquema comparativo Esfuerzos Admisibles a Compresión



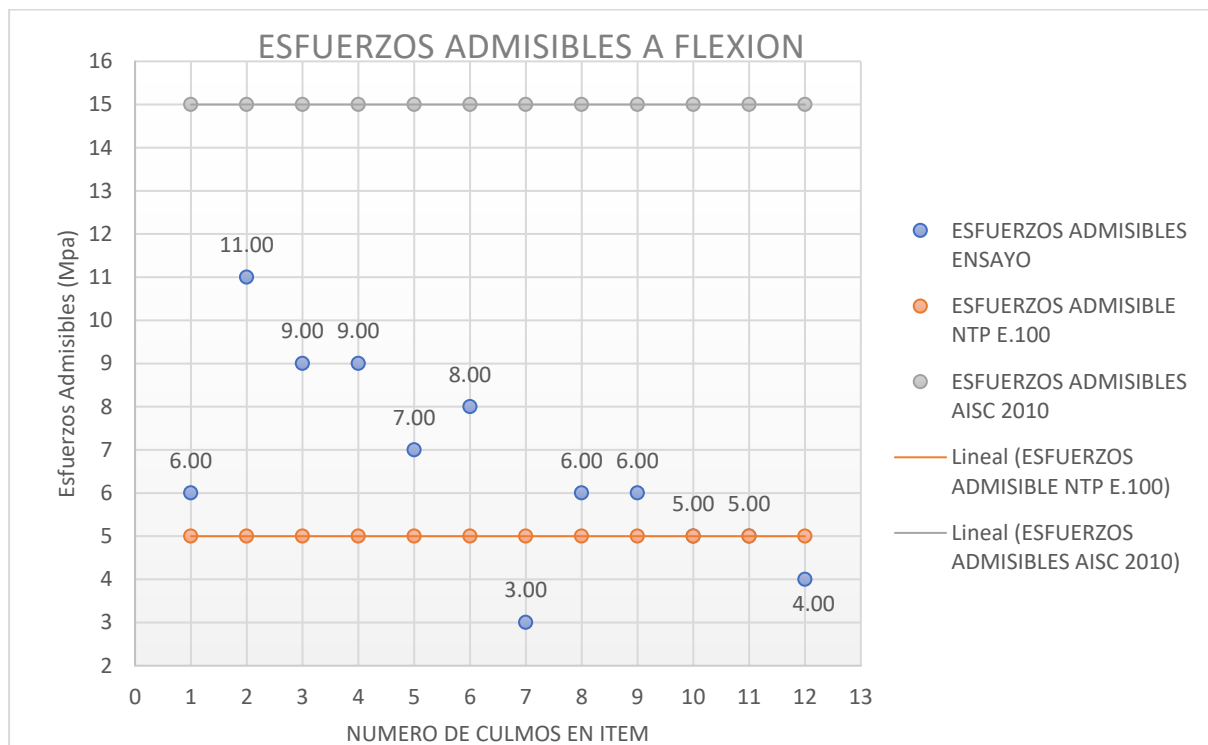
Esfuerzos admisibles de guadua angustifolia a flexión:

Finalizado el procesamiento de dato se realiza un esquema comparativo en relación a los Esf.Adms. a Flexión calculados vs Esf.Adms. a Flexión de la N.T.P. (E.100) vs Esf.Adms. a Flexión de la A.I.S.C.2010:

Tabla 24.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Flexión

ESFUERZOS ADMISIBLES A FLEXION							
ITEM	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	58.10	6.00	50.00	5.00	150.00	15.00
2	CULMO INFERIOR 02	115.41	11.00	50.00	5.00	150.00	15.00
3	CULMO INFERIOR 03	91.54	9.00	50.00	5.00	150.00	15.00
4	CULMO INFERIOR 04	92.24	9.00	50.00	5.00	150.00	15.00
5	CULMO INTERMEDIO 01	70.74	7.00	50.00	5.00	150.00	15.00
6	CULMO INTERMEDIO 02	77.47	8.00	50.00	5.00	150.00	15.00
7	CULMO INTERMEDIO 03	35.21	3.00	50.00	5.00	150.00	15.00
8	CULMO INTERMEDIO 04	58.10	6.00	50.00	5.00	150.00	15.00
9	CULMO SUPERIOR 01	58.10	6.00	50.00	5.00	150.00	15.00
10	CULMO SUPERIOR 02	48.27	5.00	50.00	5.00	150.00	15.00
11	CULMO SUPERIOR 03	47.54	5.00	50.00	5.00	150.00	15.00
12	CULMO SUPERIOR 04	40.73	4.00	50.00	5.00	150.00	15.00

Tabla 25.- Esquema comparativa Esfuerzos Admisibles a Flexión



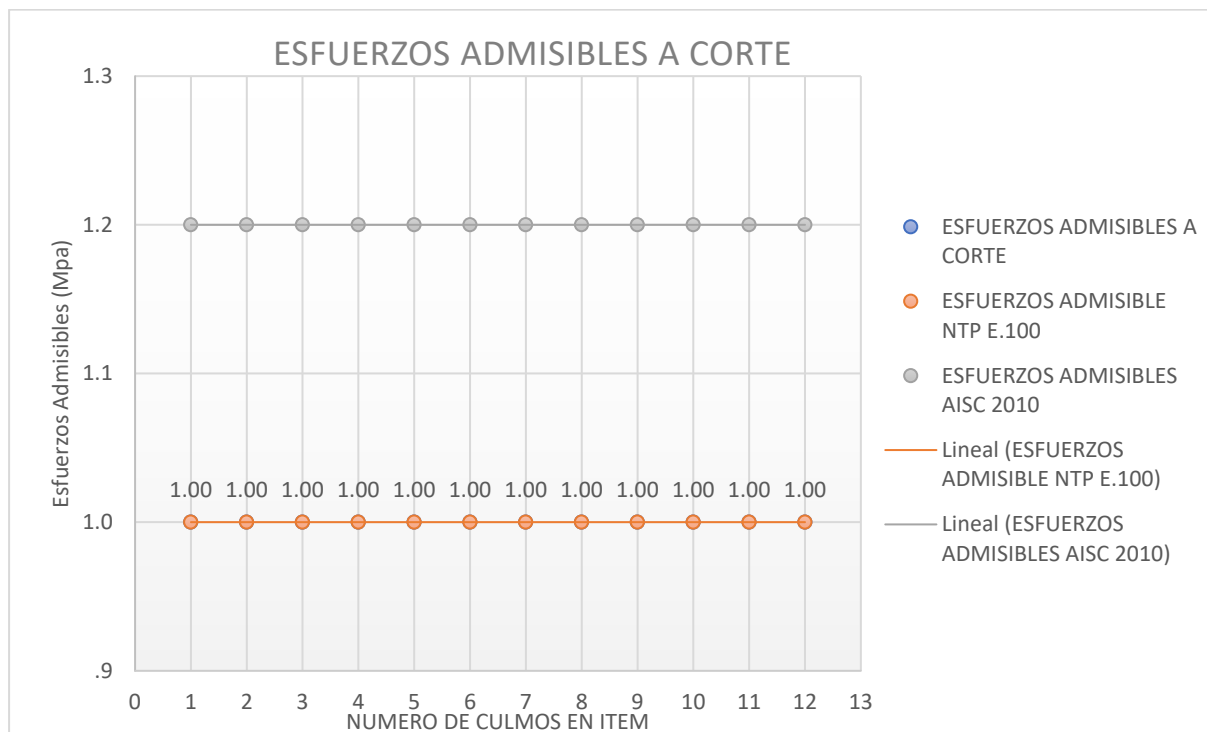
Esfuerzos admisibles de guadua angustifolia a corte:

Finalizado el procesamiento de dato se realiza un esquema comparativo en relación a los Esf.Adms. a Corte calculados vs Esf.Adms. a Corte de la N.T.P. (E.100) vs Esf.Adms. a Corte de la A.I.S.C.2010:

Tabla 26.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Corte

ESFUERZOS ADMISIBLES A CORTE							
ITEM	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	12.54	1	10	1	12	1.2
2	CULMO INFERIOR 02	12.24	1	10	1	12	1.2
3	CULMO INFERIOR 03	7.78	1	10	1	12	1.2
4	CULMO INFERIOR 04	8.41	1	10	1	12	1.2
5	CULMO INTERMEDIO 01	12.24	1	10	1	12	1.2
6	CULMO INTERMEDIO 02	10.52	1	10	1	12	1.2
7	CULMO INTERMEDIO 03	8.10	1	10	1	12	1.2
8	CULMO INTERMEDIO 04	7.14	1	10	1	12	1.2
9	CULMO SUPERIOR 01	8.21	1	10	1	12	1.2
10	CULMO SUPERIOR 02	11.90	1	10	1	12	1.2
11	CULMO SUPERIOR 03	8.10	1	10	1	12	1.2
12	CULMO SUPERIOR 04	7.39	1	10	1	12	1.2

Tabla 27.- Esquema comparativa Esfuerzos Admisibles a Corte



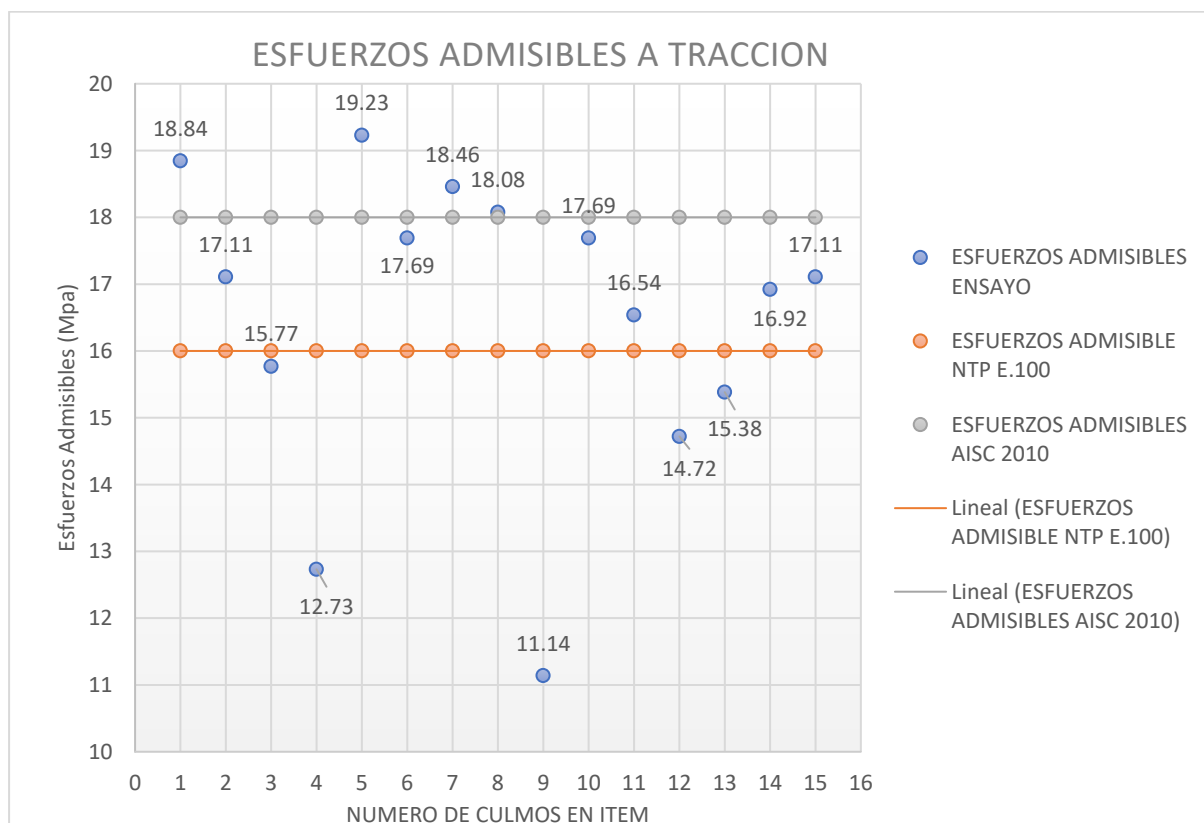
Esfuerzos admisibles de guadua angustifolia a tracción:

Finalizado el procesamiento de dato se realiza un esquema comparativo en relación a los Esf.Adms. a Tracción calculados vs Esf.Adms. a Tracción de la N.T.P. (E.100) vs Esf.Adms. a Tracción de la A.I.S.C.2010:

Tabla 28.- Tabla comparativa Esfuerzos Admisibles a Tracción

ESFUERZOS ADMISIBLES A TRACCION							
MUESTRA N°	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	490	18.84	160	16	180	18
2	CULMO INFERIOR 02	430	17.11	160	16	180	18
3	CULMO INFERIOR 03	410	15.77	160	16	180	18
4	CULMO INFERIOR 04	320	12.73	160	16	180	18
5	CULMO INFERIOR 05	500	19.23	160	16	180	18
6	CULMO INTERMEDIO 01	460	17.69	160	16	180	18
7	CULMO INTERMEDIO 02	480	18.46	160	16	180	18
8	CULMO INTERMEDIO 03	470	18.08	160	16	180	18
9	CULMO INTERMEDIO 04	280	11.14	160	16	180	18
10	CULMO INTERMEDIO 05	460	17.69	160	16	180	18
11	CULMO SUPERIOR 01	430	16.54	160	16	180	18
12	CULMO SUPERIOR 02	370	14.72	160	16	180	18
13	CULMO SUPERIOR 03	400	15.38	160	16	180	18
14	CULMO SUPERIOR 04	440	16.92	160	16	180	18
15	CULMO SUPERIOR 05	430	17.11	160	16	180	18

Tabla 29.- Esquema comparativa Esfuerzos Admisibles a Tracción



Material estructural:

La variable dependiente con la cual se basó la presente investigación se expresa en función de las siguientes dimensiones para el diseño:

Tabla 30.- Cuadro Variable Y - MATERIAL ESTRUCTURAL

DIMENSIONES	INDICADOR	
Cargas Actuantes	A	Carga Muerta
	B	Cargas Vivas
	C	Carga de Viento
	D	Combinación de Cargas
TIPOS DE UNIONES	E	Uniones en Cimentación
	F	Uniones con Amarre
	G	Uniones con Pasadores
	H	Uniones con Centro de Madera
	I	Uniones en Estructuras Espaciales
	J	Uniones Combinadas
	K	Uniones Reforzadas con Mortero o Uniones Metálicas
	L	Uniones con Tiras de Acero y Pasadores

Modelado De Estructura Y Cargas En Software Sap2000

En el mercado laboral existen una variedad softwares para el análisis y diseño estructural en estructuras que sirve de apoyo y reducen significativamente el tiempo de trabajo. Para la presente tesis se ha optado por el software SAP2000 V24 para determinar el comportamiento estructural del diseño por ser un software muy versátil y fácil de modelar cualquier estructura.

Para el presente proyecto, los fundamentos utilizados para el diseño y modelado de la estructura se basaron en dos criterios importantes:

- El **primer criterio** para el predimensionamiento del puente peatonal de bambú en cuanto a **forma y tipología**, se realizó en base al resultado del Ensayo Empírico anteriormente obtenido, donde se establece que el material del bambú, al ser una pieza muy flexible cuando se encuentra sometido por cargas a flexión, se debe buscar maximizar la distribución de las cargas a los puntos de apoyo sin comprometer la estructura a una deformación excedente de lo admisible, por ello se estableció como tipología óptima diseñar la super estructura de tipo arco, estableciendo dos vigas principales, una viga tipo arco para el “piso” y otra viga tipo arco para el “techo” ambas con igual medidas y ángulos de inclinación y una viga de refuerzo tipo arco de descarga, que ayude a complementar la distribución de cargas desde el piso al techo.
- El **segundo criterio** para el predimensionamiento del puente peatonal de bambú en cuanto a las **dimensiones y recomendaciones de diseño**, se basó en [26], quien establece una regla de diseño del 20% en la luz libre en altura, entre el 10% - 30% de la luz libre en el ancho del piso de la estructura (dependiendo magnitud del puente), y un 10% de la luz libre en la altura desde el N.T.N. hasta el N.P.

Con estos criterios establecidos, se procedió a cuantificar el predimensionamiento en el programa REVIT V.2025, el cual puede proyectar una idea exacta de la distribución de piezas a lo largo de la estructura, siendo un diseño en 3D totalmente manipulable y que pueda mostrar a detalle el diseño preliminar establecido.

Con el fin de complementar la idea de los criterios mencionados anteriormente, la propuesta se elabora con una cimentación de altura $20\%L$ (Luz Libre), la cual, no contempla criterio de análisis en su diseño, solo se establece para dar la idea de los criterios proyectados, tal cual se establece en la siguiente imagen:

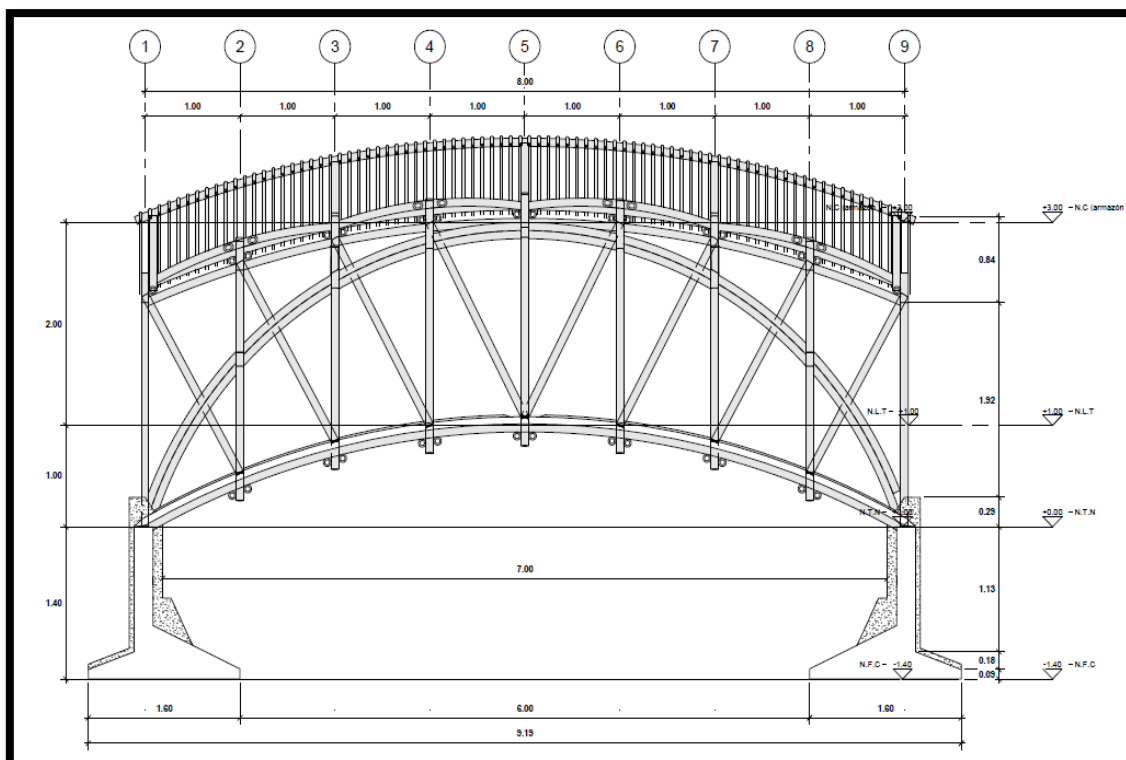


Ilustración 64.- Predimensionamiento Puente Peatonal Bambú – Tipología y Dimensiones

El modelado final del predimensionamiento en vista Isométrica se visualiza de la siguiente manera (Las vistas en planta y cortes en elevación se agregaron a Anexos):

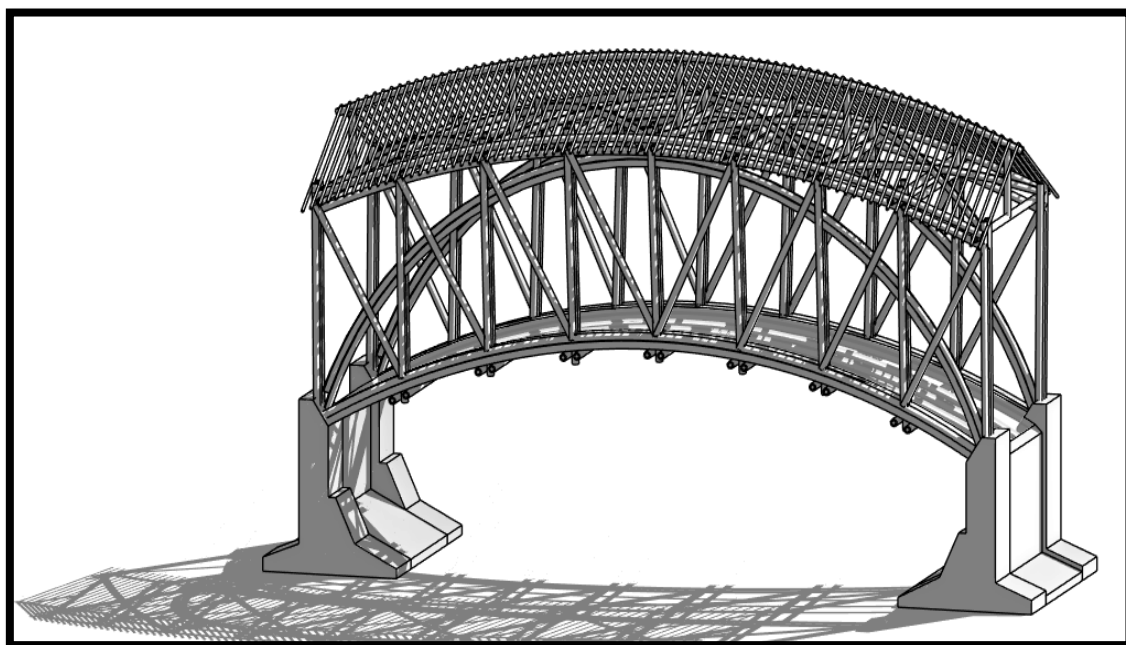


Ilustración 65.- Vista Isométrica - Predimensionamiento 3D Puente Peatonal de Bambú

Teniendo el predimensionamiento en 3D y de la estructura del puente peatonal se procede a modelar las cargas en el Programa SAP2000, para ello, se utiliza el software AutoCAD 2025 para iniciar con la estructuración luego ser exportado al software Sap2000.

En el programa AutoCAD 2025 se realizaron la creación de capas, es importante colocar en una sola capa todos los elementos bambú ya que en SAP 2000 serán reconocidos como elementos *frame*(Tipo línea), los pisos y techos se representan como elementos *área*(Tipo membrana).

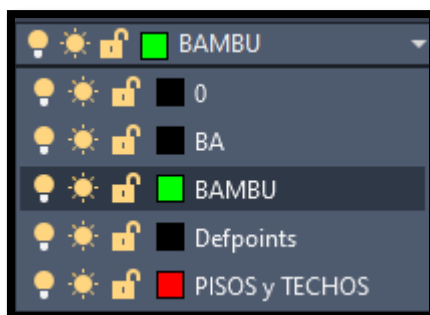


Ilustración 66.- Creación de Capas - AutoCAD 2025

Se presenta el puente dibujado según el predimensionamiento previo, las partes que lo conforman están estipuladas líneas arriba. Una vez modelado el puente se procede a colocar el origen de coordenadas $X=0$, $Y=0$, $Z=0$.

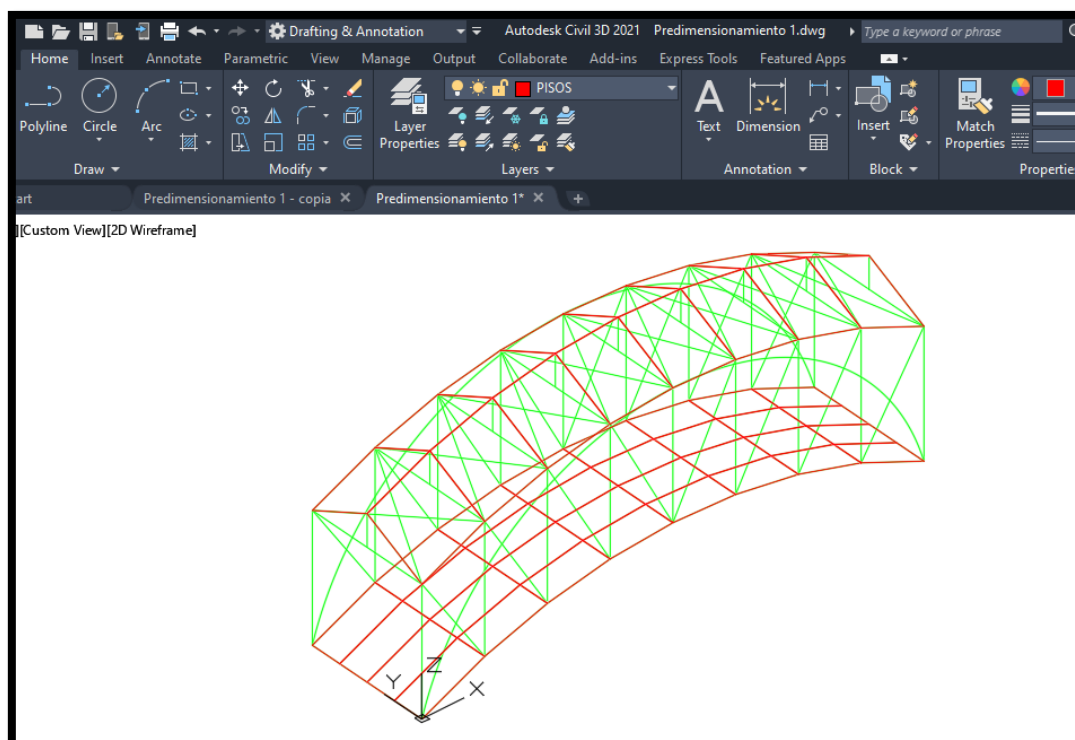


Ilustración 67.- Estructura 3D modelado para exportación a SAP2000

Se procede a exportar el desde AutoCAD a SAP2000 mediante la creación de un archivo DXF:

Ir a icono de AutoCAD, “save as”, “drawing” y “click”.

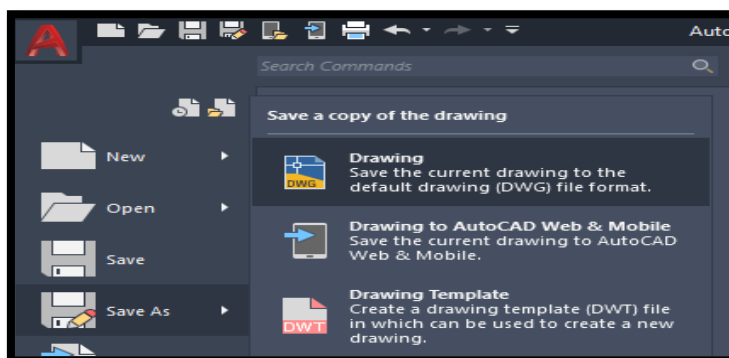


Ilustración 68.- Exportación a Sap2000 - Guardado drawing

Se visualiza la siguiente ventana, en “file name” se coloca un nombre para el archivo y “files of type” se elige el tipo de archivo: AutoCAD 2018 .dxf. Se guardará en la carpeta que se destine: Puente bambú.

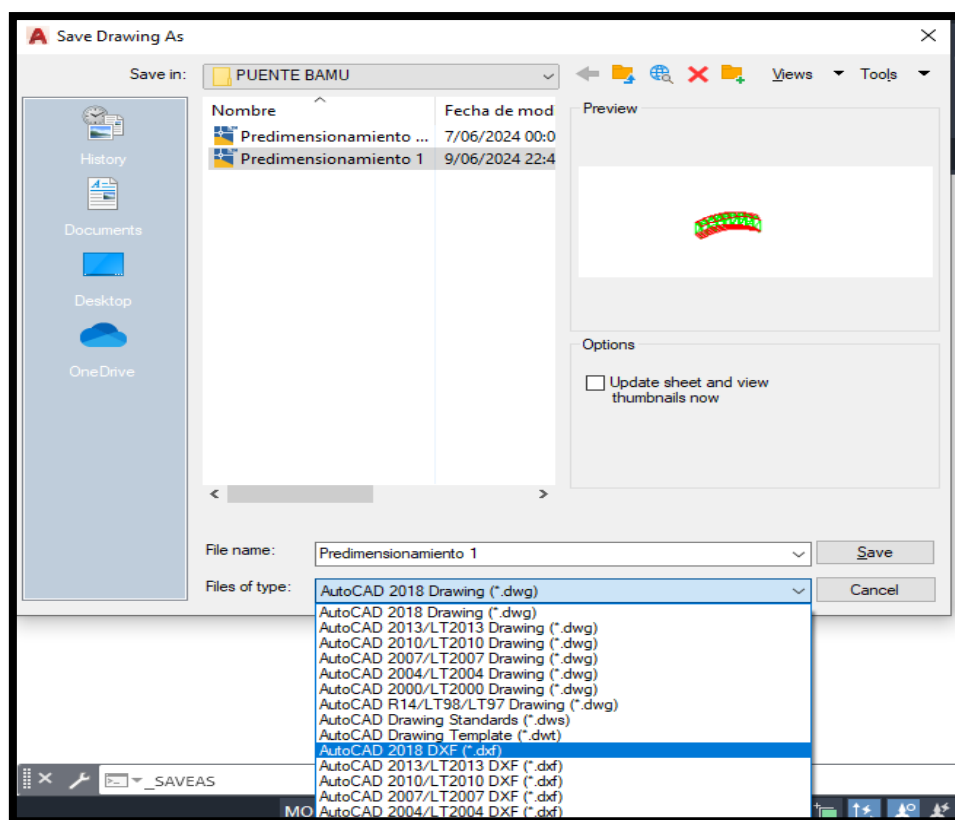


Ilustración 69.- Exportación a Sap2000 - Guardado AutoCAD 2018 DXF

Posterior a ello, se realiza la importación del archivo AutoCAD DXF a SAP2000, se abre el software SAP2000, se dirige a “file”, “import”, “AutoCAD .dxf file”

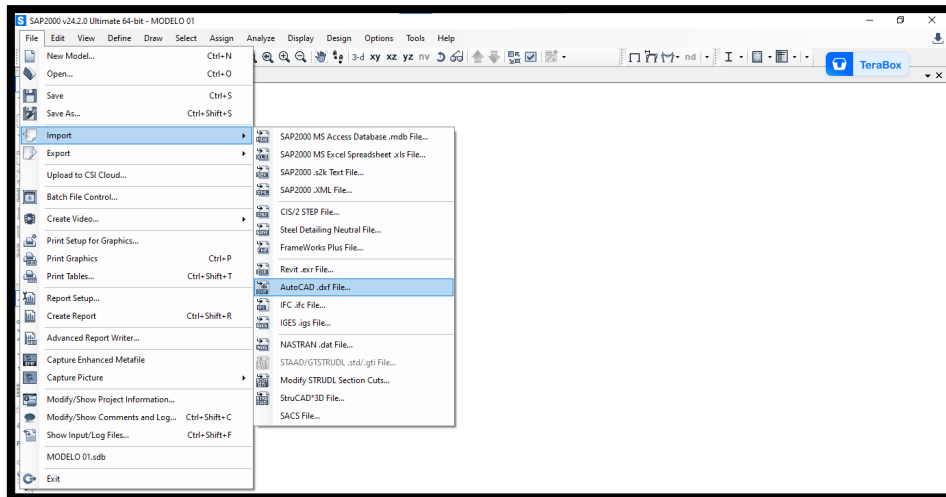


Ilustración 70.- Importar AutoCAD.dfx file

Se selecciona el archivo guardado

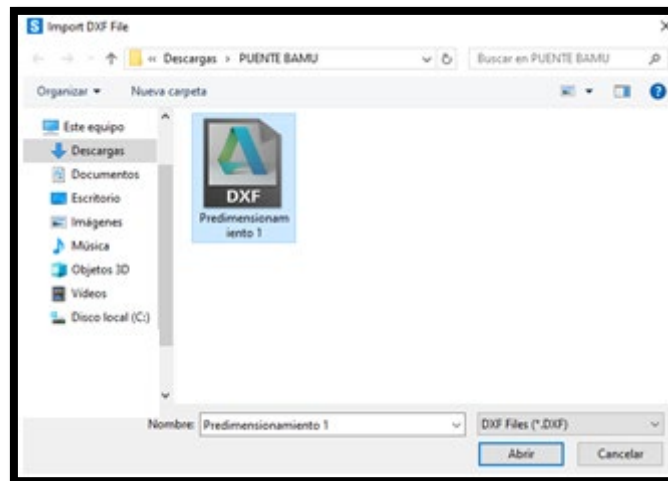


Ilustración 71.- Selección de Archivo Predimensionamiento

Se selecciona para la importación Z positivo, y la unidad a trabajar, luego ok.

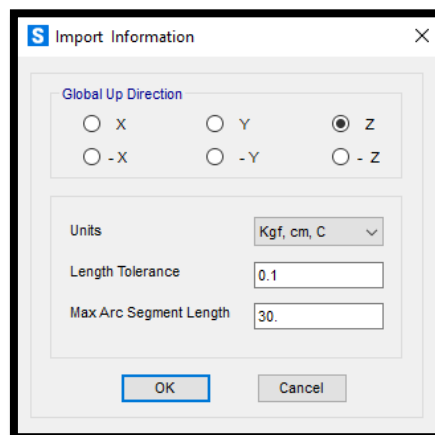
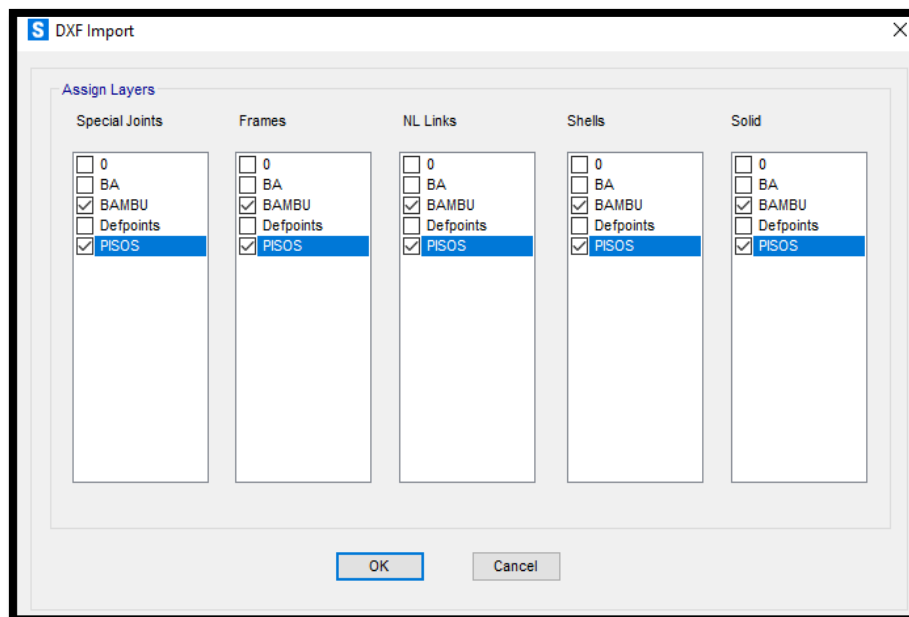
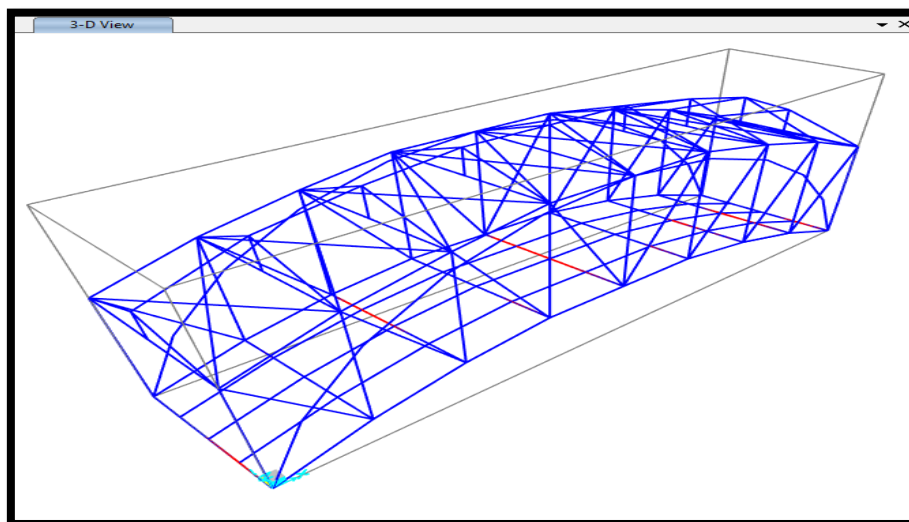


Ilustración 72.- Se importa desde el Eje Z positivo

Se selecciona las capas creadas en AutoCAD a ser importadas y reconocidas por Sap2000.
Nombre de la capa: BAMBU (*frames*) y Pisos y techos (*Shell tipo membrana*)



Ahora el software ha importado correctamente los elementos frame y elementos área. Se visualiza el modelado 3D del puente Luz Libre = 7m, Luz Total =8m.



Para el análisis y diseño del puente en arco de Luz libre = 7m, Luz Total =8m de material Guadua Angustifolia, el cual contiene las siguientes partes:

- 4B-VIGA ARCO PRINCIPAL
- 1B-VIGUETA SECUNDARIA(PISO)
- 2B-VTRANSVERSAL(PISO)

- 2B-ARCO(PISO-TECHO)
- 3B-COLUMNAS
- 1B-ARRIOSTRE (/)
- 1B-ARRIOSTRA (X) TECHO
- 2B-VTRANVERSAL(TECHO)
- 1B-DIAGONAL (TECHO)
- PISO DE BAMBÚ (DOBLE CAPA)
- TECHO DE BAMBÚ (1CAPA)

Nota: 1B,2B,3B, 4B indica el número de piezas de bambú utilizados, estos mismos están trabajando en forma conjunta o conocido como paquete estructural.

Presentación de modelo matemático:

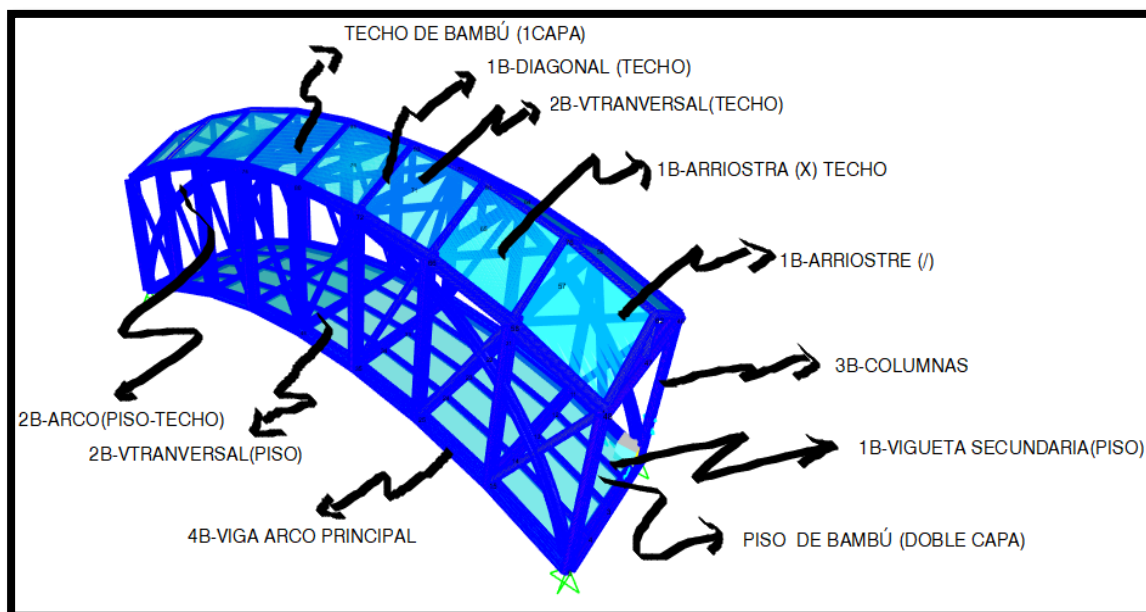


Ilustración 73.- Partes Piezas de Bambú utilizados

El modelo matemático de un puente estructurado, analizado y diseñado, cada elemento está comprobado bajo la norma técnica E.100 Diseño y construcción con Bambú. A continuación, se detalla los pasos desde el estructuración, modelado, análisis y diseño (comprobación por esfuerzos admisibles bajo norma y resultados de ensayo del laboratorio).

Definición Del Material *Guadua Angustifolia* (Bambú)

Para la creación del material en sap2000 v24 nos acogemos mucho a la norma E.100 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON BAMBÚ para extraer cuando es el MODULO DE ELASTICIDAD

del bambú. En la tabla N°8.5 módulo de elasticidad incida lo siguiente: E_{prom} y E_{min} . Se trabajará con un E_{min} por ser una estructura en donde sus elementos no estarán trabajando de manera conjunta, es decir va ser una estructura de puente en donde sus elementos trabajan de manera individual mediante conexiones simples (sistema articulado).

Tabla 31.- Tabla N°8.5 del Reglamento E.100. BAMBU

E_{prom}	9500	Mpa
	95000	Kg/cm2
	950000	Tn/m2
E_{min}	7300	Mpa
	73000	Kg/cm2
	730000	Tn/m2

a) Define/Materials

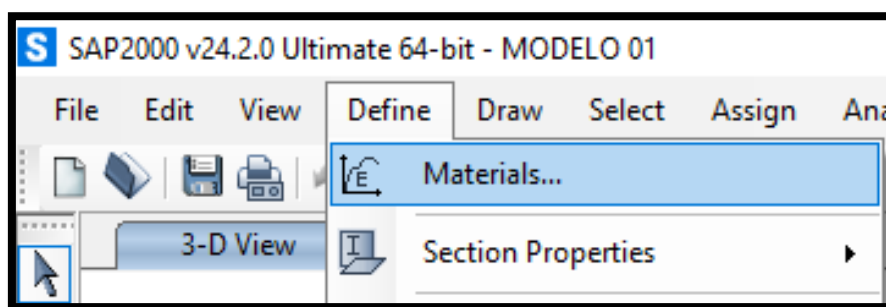


Ilustración 74.- Define/Materials

b) Define materials/ add new material

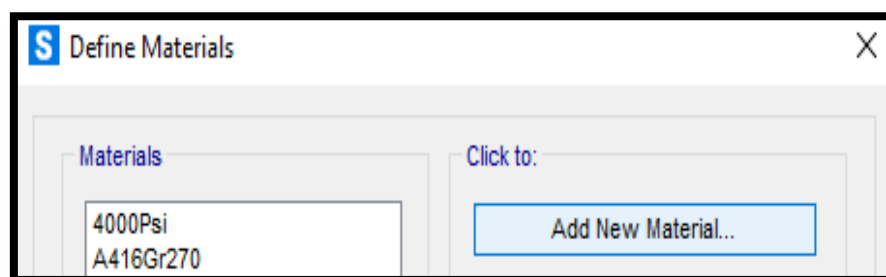


Ilustración 75.- Add New Material

c) Región/material type/standard grade/ok

The screenshot shows a dialog box titled "Add Material Property". It has four dropdown menus: "Region" set to "United States", "Material Type" set to "Other", "Standard" set to "User", and "Grade" which is empty. At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Ilustración 76.- Region/ Material type/ Standard grade

d) Material property data: se procede a editar los valores de peso de volumétrico y módulo de elasticidad de la GUADUA ANGUSTIFOLIA.

- *Weight per unit volumen*=600Kg/m³
- *Modulus of elasticty, E*= 95000 Kg/cm²

The screenshot shows a dialog box titled "Material Property Data". It is divided into three sections: "General Data", "Weight and Mass", and "Isotropic Property Data". "General Data" includes "Material Name and Display Color" (MAT. BAMBU), "Material Type" (Other), "Material Grade" (GUADUA ANGUSTIFOLIA), and "Material Notes" (Modify/Show Notes...). "Weight and Mass" includes "Weight per Unit Volume" (0.6) and "Mass per Unit Volume" (0.0612). "Isotropic Property Data" includes "Modulus Of Elasticity, E" (730000), "Poisson, U" (0.3), "Coefficient Of Thermal Expansion, A" (1.170E-05), and "Shear Modulus, G" (280769.23). At the bottom, there is a checkbox for "Switch To Advanced Property Display" and "OK" and "Cancel" buttons.

Ilustración 77.- Material Property Data

Definiciones De Secciones Elementos Frame Y Shell Tipo Membrana

Luego de haber creado en material característico de la Guadua Angustifolia, se procede a definir las secciones de la misma, luego del predimensionamiento algunos elementos van a trabajar en paquete.

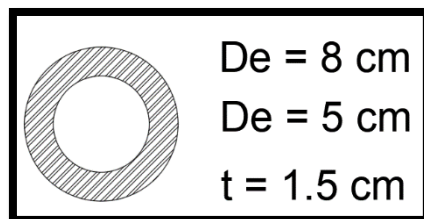


Ilustración 78.- Sección Transversal del material

Se muestra la sección transversal de la Guadua Angustifolia, la sección será uniforme para todo el tramo. Con esta sección típica se va a generar secciones en paquete para otros elementos de tal manera que se satisfaga la demanda impuesta.

Procedemos a realizar el modelado de la sección transversal en sap2000 v24

e) Define/Section Properties/Frame

Creación de las secciones

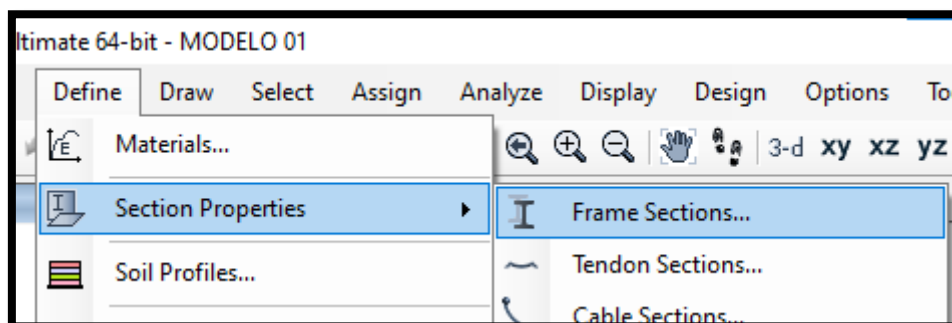


Ilustración 79.- Define/ Section Properties/Frame Sections

f) Frame properties/ add new property/select property type/other/section designer.

Se procede a modelar las secciones para para elemento en particular, sección hueca antes mencionada. Importante antes de ingresar a section designer elegir el material creado para la Guadua Angustifolia.

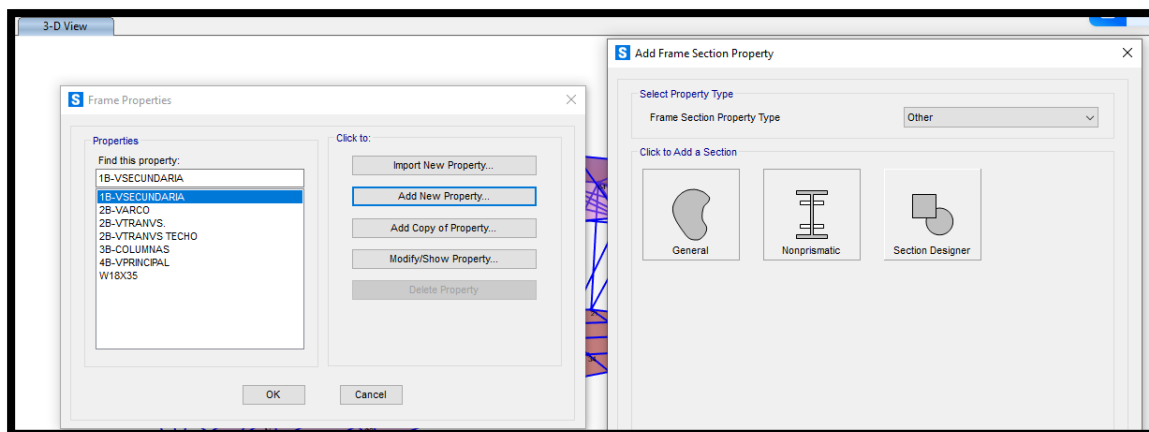


Ilustración 80.- Frame Properties/ add new property/ section designer

g) *Section designer*

Ingresamos a SD section Data, colocamos un nombre para la sección, elegimos el material en base material, en ingresamos a la interfaz de section designer para crear la sección transversal ya sea en unidad o en paquete.

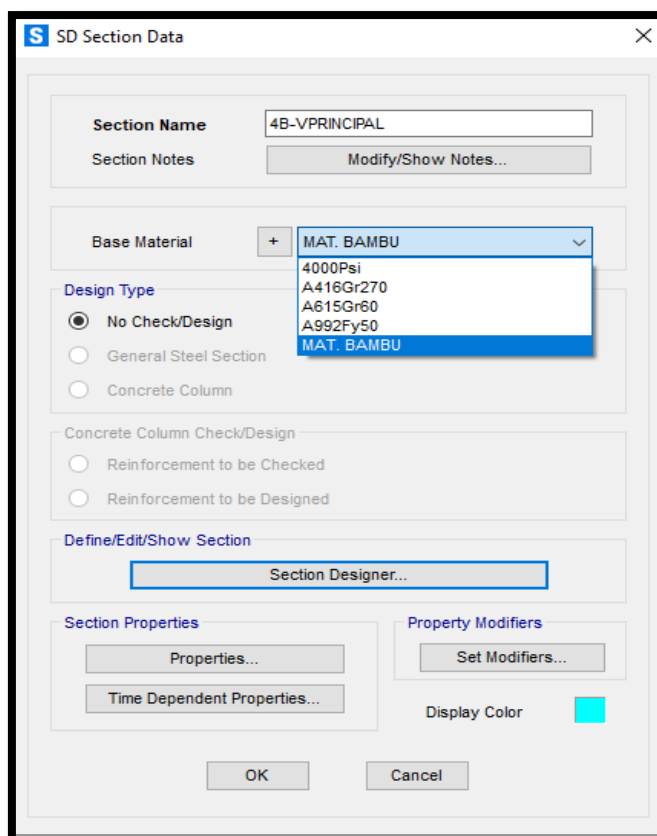
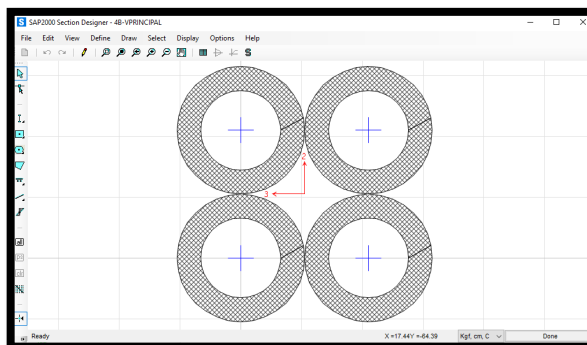


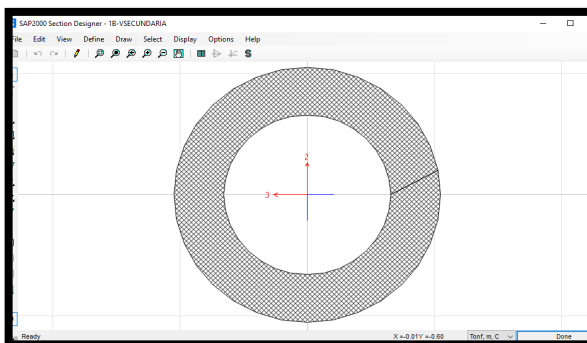
Ilustración 81.- Section Data

Tenemos las siguientes secciones huecas creadas.

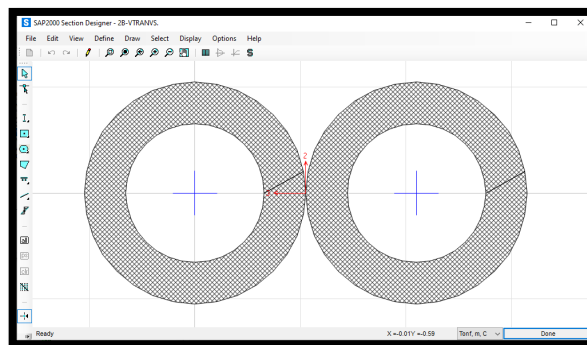
- 4B-VIGA ARCO PRINCIPAL



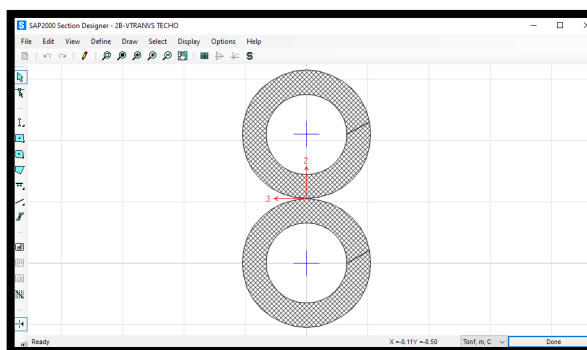
- 1B-VIGUETA SECUNDARIA(PISO)



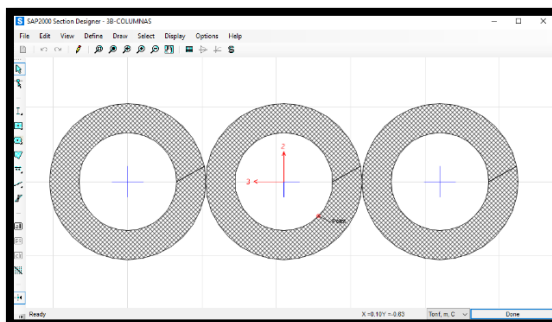
- 2B-VTRANSVERSAL(PISO)



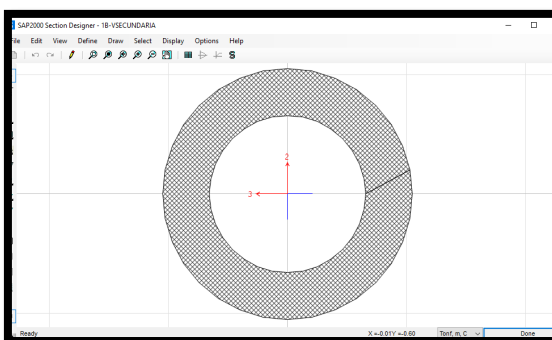
- 2B-ARCO(PISO-TECHO)



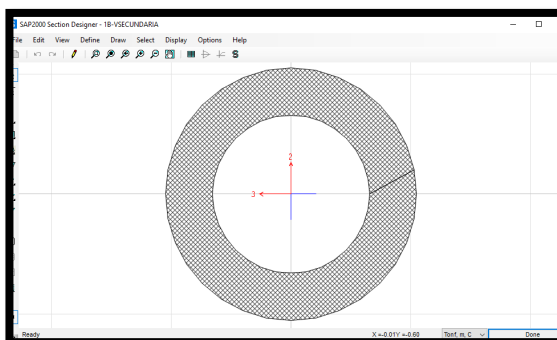
- 3B-COLUMNAS



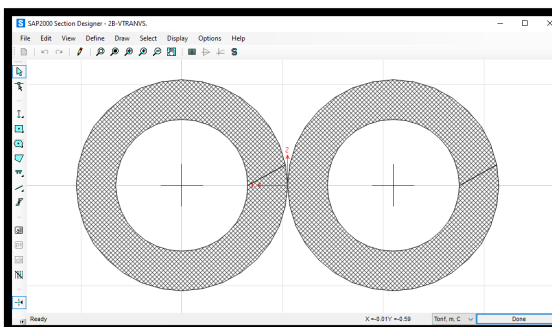
- 1B-ARRIOSTRE (/)



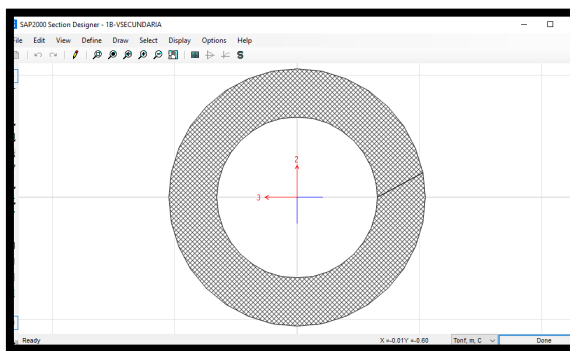
- 1B-ARRIOSTRA (X) TECHO



- 2B-VTRANSVERSAL(TECHO)



- 1B-DIAGONAL (TECHO)



Espectro de respuesta

Se define el espectro de respuesta para asignar al análisis dinámico.

h) Define/functions/ response spectrum

Elegimos en *choose function type to add*: Peru NTP E.030 2014 y asignamos los parámetros.

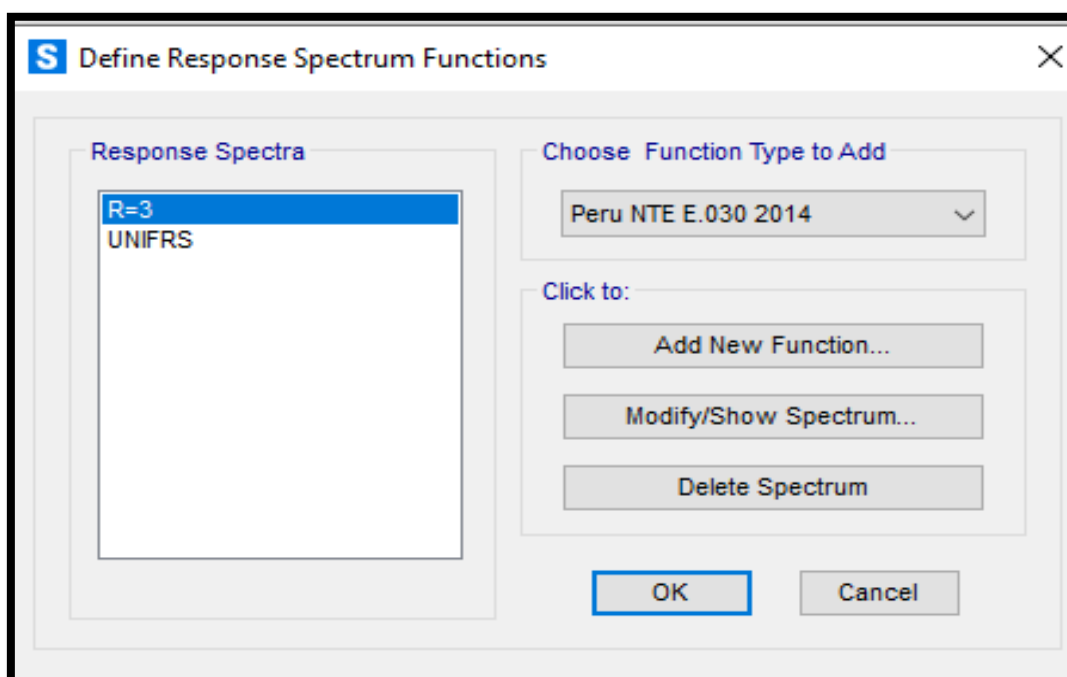


Ilustración 82.- Define Response Spectrum Functions - R=3

Se asignan los parámetros sísmicos: Zona sísmica, ocupación, tipo de suelo, irregularidades, factor de reducción sísmica.

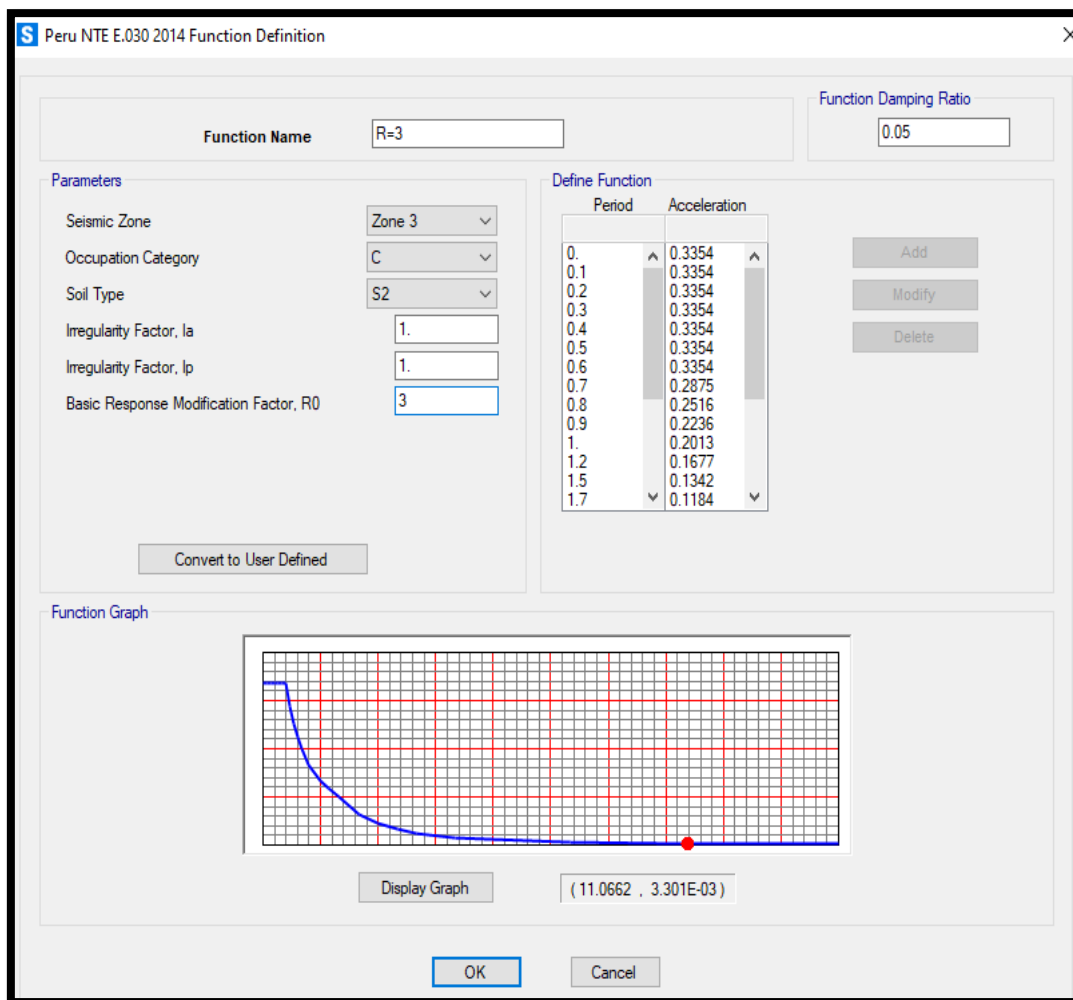


Ilustración 83.- Cortante

Definición de cargas

Se procede a crear los patrones de carga en donde se van a asignar las cargas para cada estado: peso propio, carga muerta, carga viva, carga viva en el techo, carga de sismo, carga de viento. Las cuales se muestran en la siguiente imagen.

i) Define/ load patterns

Se crear los patrones de carga

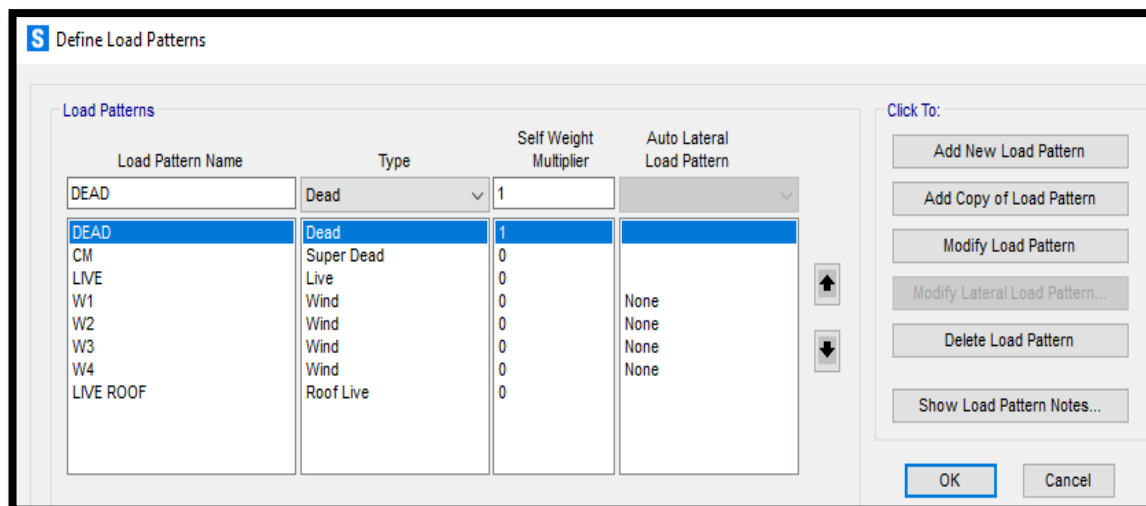


Ilustración 84.- Asignación de Cargas - Carga Muerta Determinada por peso propio

Nota: El numero 1 Se interpreta que el programa calcula el metrado del peso propio.
0 se interpreta que son carga a asignar por el usuario.

j) Define/ load cases

Aquí se crea el sismo dinámico en “x” e “y”. asignándole le espectro de respuesta.

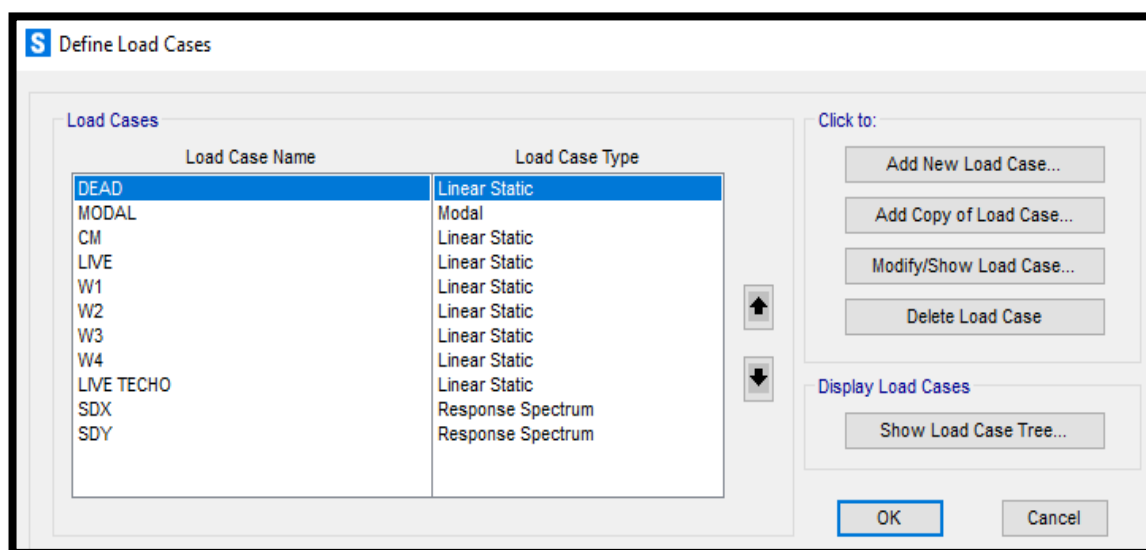


Ilustración 85.- Asignación de Cargas de sismo dinámicas

k) Define/ load cases

Se crean las combinaciones según los estipulan los códigos, combinaciones para diseño por esfuerzos admisibles. Las combinaciones se crean con el tipo de

combinación *LINEAR ADD* para luego generar una envolvente seleccionando el tipo de combinación *ENVELOPE*.

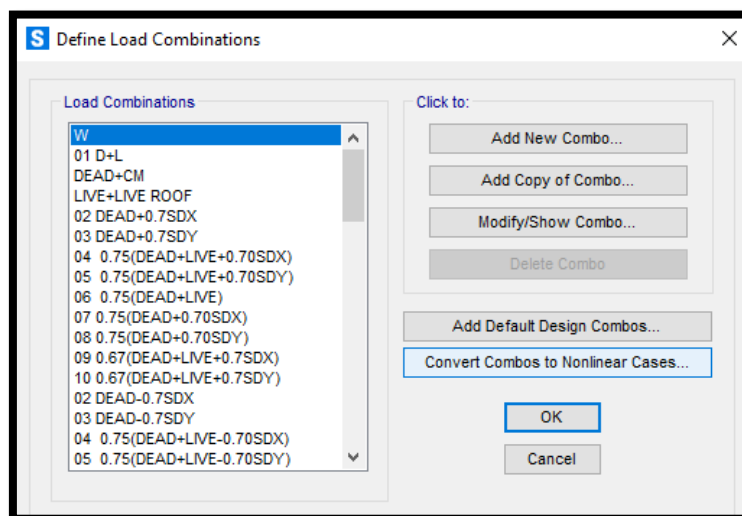


Ilustración 86.- Asignación de Cargas - Combinación de Cargas

Metrado de carga

Para el metrado de carga a asignar al modelo matemático se tiene lo siguiente:

METRADO DE CARGA MUERTA

	<u>P.E(Kg/m3)</u>	<u>ESPEJOR(m)</u>
PESO DE PISO	600	0.05
PESO DE TECHO	600	0.05

DESCRIPCION DEAD

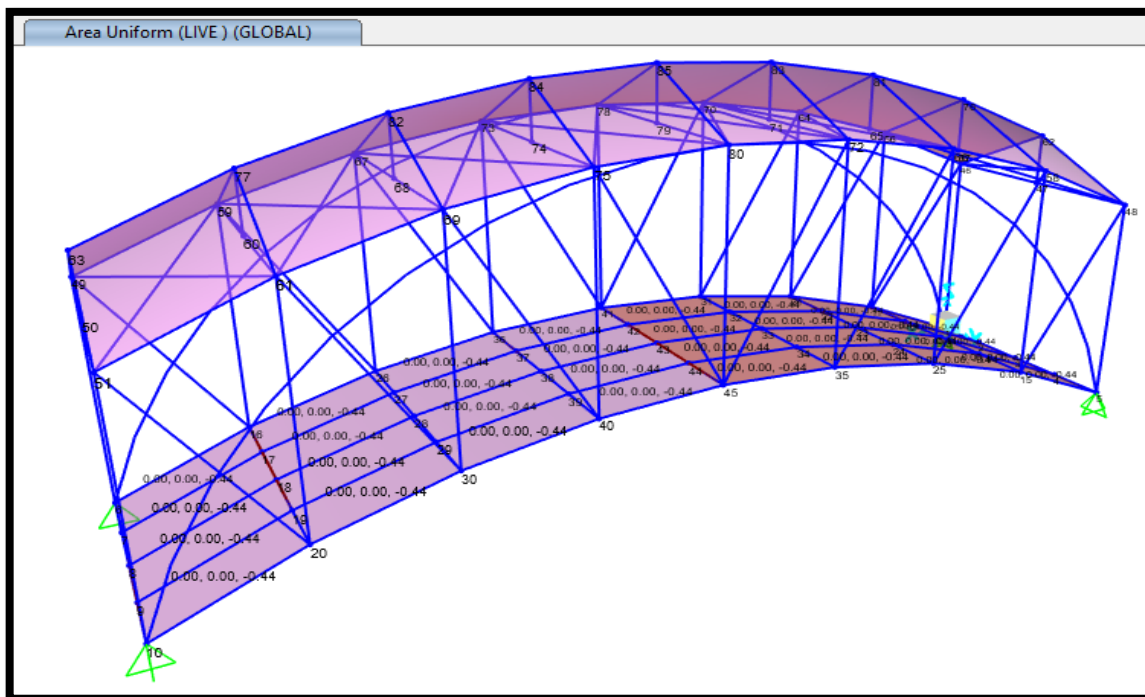
PESO DE PISO	30	Kg/m2
PESO DE TECHO	30	Kg/m2

METRADO DE CARGA VIVA

DESCRIPCION LIVE

VIVA DE PISO	440	Kg/m2
VIVA DE TECHO	30	Kg/m2

Aplicación de la carga de Live(viva) sobre el piso representado por una membrana sin peso. De la misma manera se para la aplicación de las otras cargas.



CARGAS DE VIENTO

LAMBAYEQUE_MAPA EOLICO

Velocidad del viento =	85	Km/h
Altura de edificación =	3	m
Velocidad de diseño - Vh =	65.221	Km/h
Velocidad de diseño - Vh mínima =	75.000	Km/h
CARGA DE VIENTO =	28.125	*C

CARGA EXTERIOR DE VIENTO

Superficies inclinadas entre 15° y 60°

Barlovento	Sotavento
-0.3	-0.6
0.7	-0.6

COMBINACIONES.

PRESIÓN DEL VIENTO

	Barlovento	Sotavento	
W1	-8.4375	-16.875	W2

	Barlovento	Sotavento	
W3	19.6875	-16.875	W4

Aplicación de Viento BARLOVENTO, SOTAVENTO(W1,W2,W3,W4=>ENVELOPE). Se muestra la aplicación de la carga de viento en barlovento en la estructura del puente. De la misma manera se procedió a aplicar las demás cargas de viento.

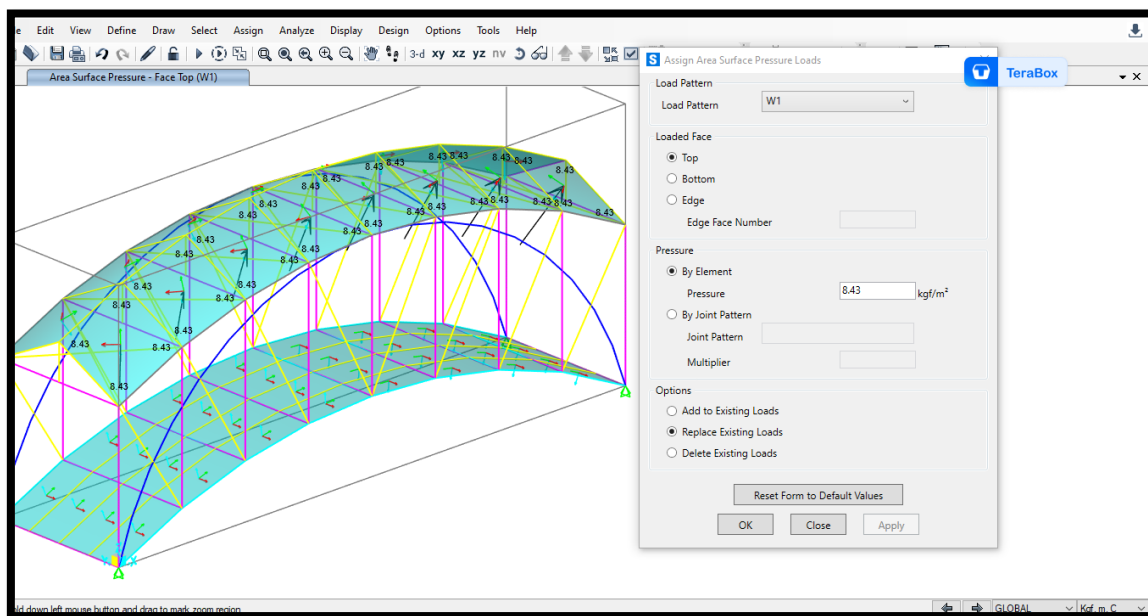


Ilustración 87.- Aplicación de Cargas

Asignación de la restricción de apoyos

Para evitar el desplazamiento infinito se idealiza una estructura con apoyos fijos, de esta manera se evita el desplazamiento en la base de la estructura.

1) Menú/ Assign/Joint/Restraints

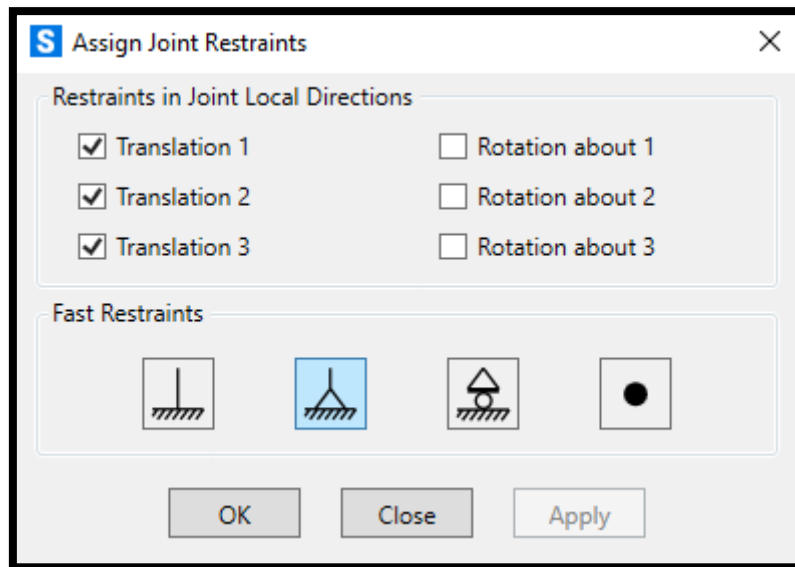


Ilustración 88.- Restricción Desplazamientos y Momento

Liberación de nudos de la estructura

Para la estructura de puente peatonal hecho de bambú, se tiene que liberar los nudos con el fin de calcular solo esfuerzos axiales (compresión y tracción) como una cercha libre de momentos.

m) Menú / Assign / Frame / Releases / Assign Frame Releases

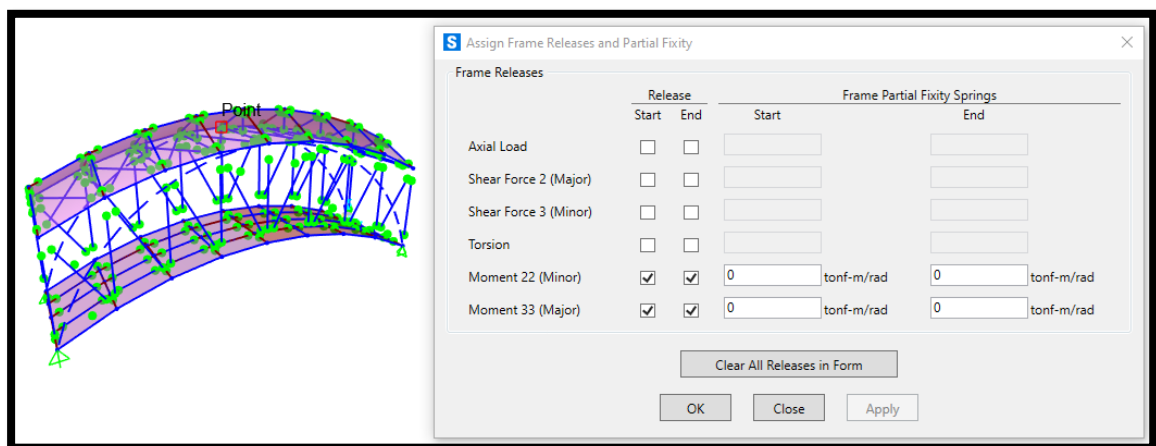


Ilustración 89.- Liberación de Nudos en la Estructura

Análisis de la estructura

Ya ingresado los valores y configuraciones que son necesarios en el Sap2000 realizamos el procedimiento de la siguiente forma para poder modelar puentes peatonales.

n) Analyze/set análisis options

Elegir estructura *SPACE FRAME*

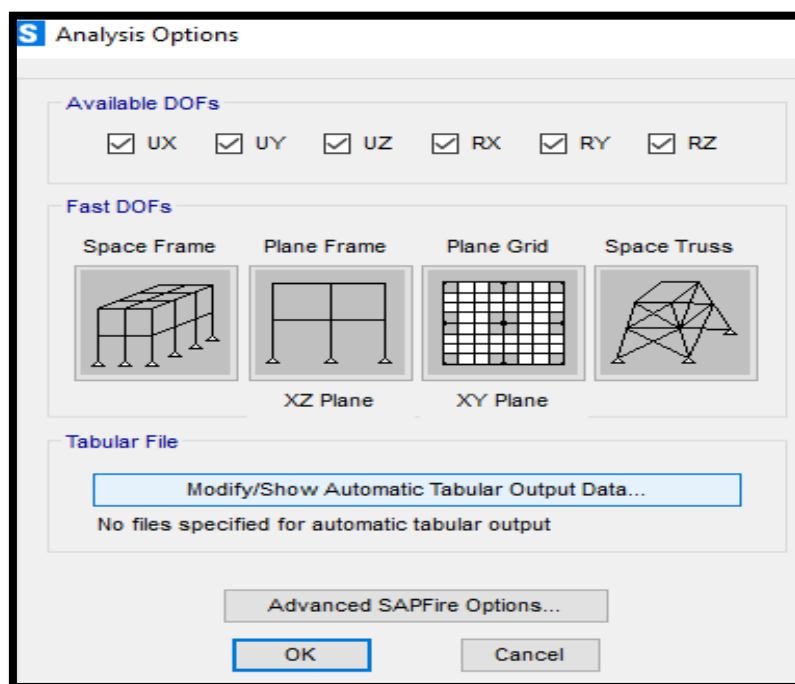


Ilustración 90.- Estructura SPACE FRAME

o) Analyze/set load cases to run

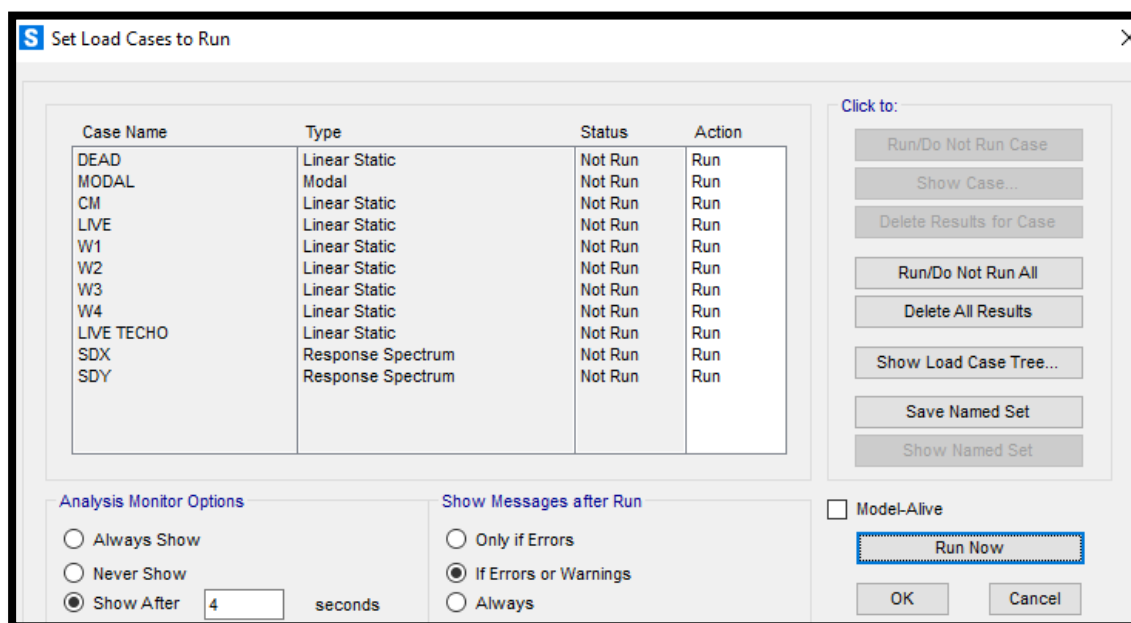


Ilustración 91.- Procesamiento del Análisis de cargas

Resultados de la estructura

RESULTADO POR PESO DE ELEMENTOS Y PESO TOTAL DEL PUENTE.

Tabla 32.- Tabla de Cantidad de Piezas y Peso de la estructura

TABLE: Material List 1 - By Object Type			
ObjectType	Material	TotalWeight	NumPieces
Text	Text	Kgf	Unitless
Frame	MAT. BAMBU	827.28	163
Area	MAT. BAMBU	11.1	

Tabla 33.- Tabla de Lista de Materiales, longitud y peso totaltes

TABLE: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	m	Kgf
2B-VTRANVS.	Frame	19	37.11803	136.43
1B-VSECUNDARIA	Frame	90	125.14843	230
2B-VARCO	Frame	4	21.43177	78.78
4B-VPRINCIPAL	Frame	16	16.6481	122.39
3B-COLUMNAS	Frame	18	36	198.49
2B-VTRANVS TECHO	Frame	16	16.6481	61.19
TECHO	Area			1.11
LOSA	Area			9.99
				838.38

Resultado por diagramas de fuerzas axiales

- **Diagrama de fuerza axial carga muerta**

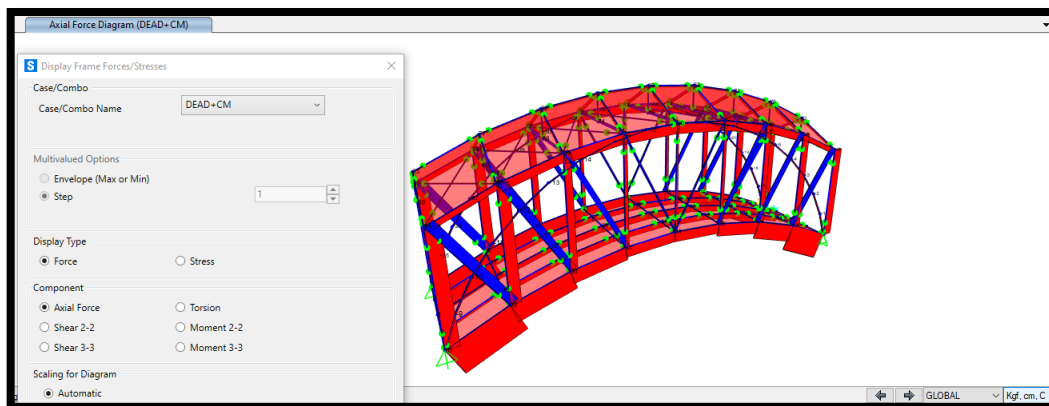


Ilustración 92.- Diagrama de Fuerza Axial - Carga Muerta

- **Diagrama de fuerza axial carga viva**

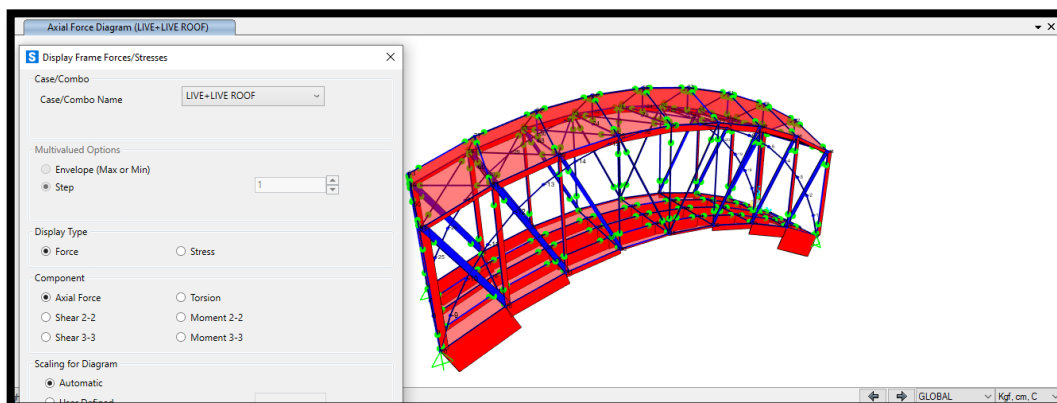


Ilustración 93.- Diagrama de Fuerza Axial - Carga Viva

- **Diagrama de fuerza axial envolvente por sismo**

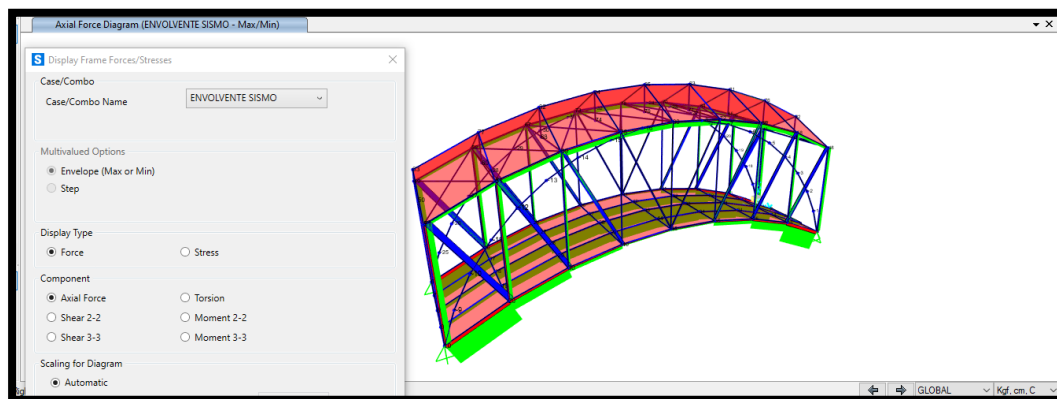


Ilustración 94.- Diagrama de Fuerza Axial - Por sismo

- **Diagrama de fuerza axial envolvente por viento**

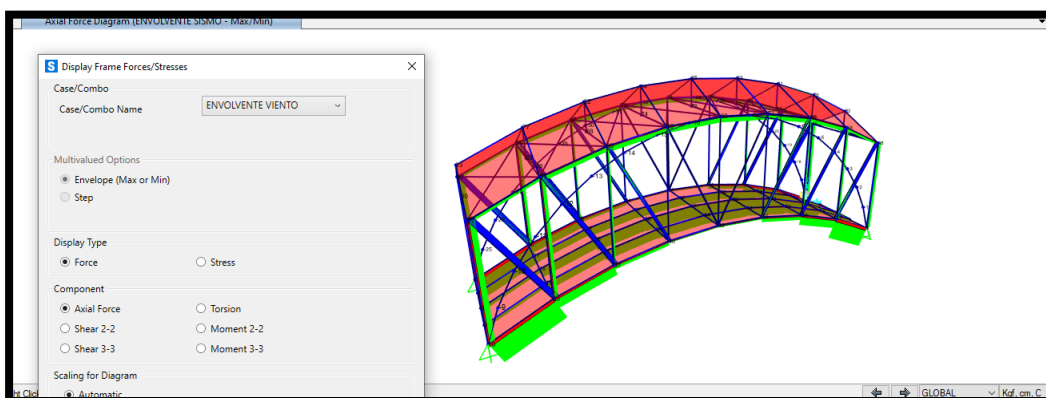


Ilustración 95.- Diagrama de Fuerza Axial - Envolvente por viento

Resultado por diagramas de fuerzas axiales

- **Diagrama de fuerza cortante envolvente por sismo**

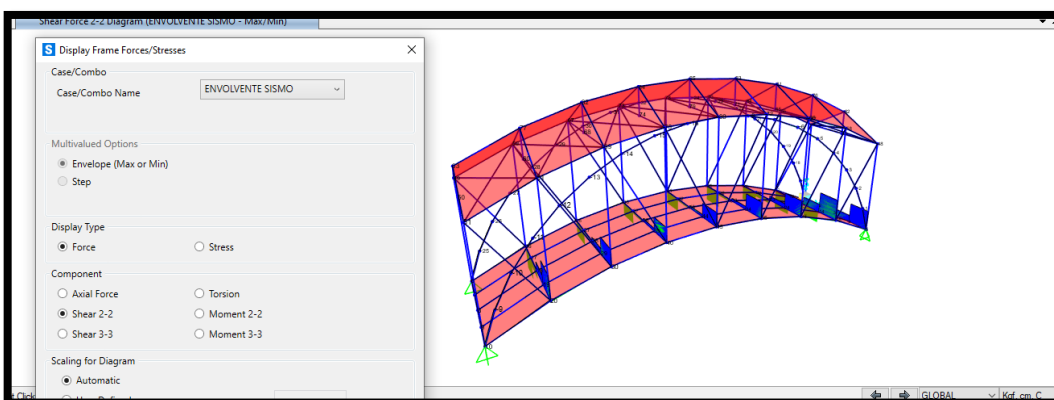


Ilustración 96.- Diagrama de Fuerza Cortante - Envolvente por Sismo

- **Diagrama de fuerza cortante envolvente por viento**

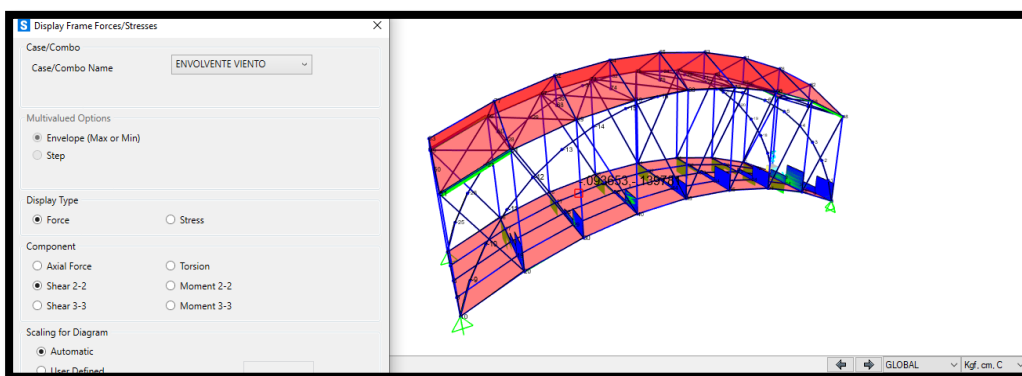


Ilustración 97.- Diagrama de Fuerza Cortante - Envolvente por Viento

Resultado por diagramas de momento flector

- **Diagrama de momento flector envolvente por sismo**

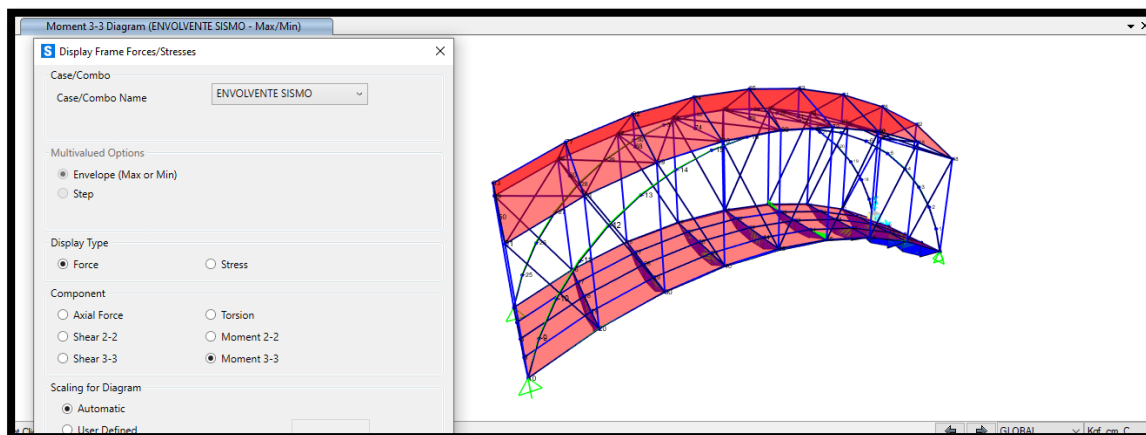


Ilustración 98.- Diagrama de Momento Flector - Envolvente por Sismo

- **Diagrama de momento flector envolvente por viento**

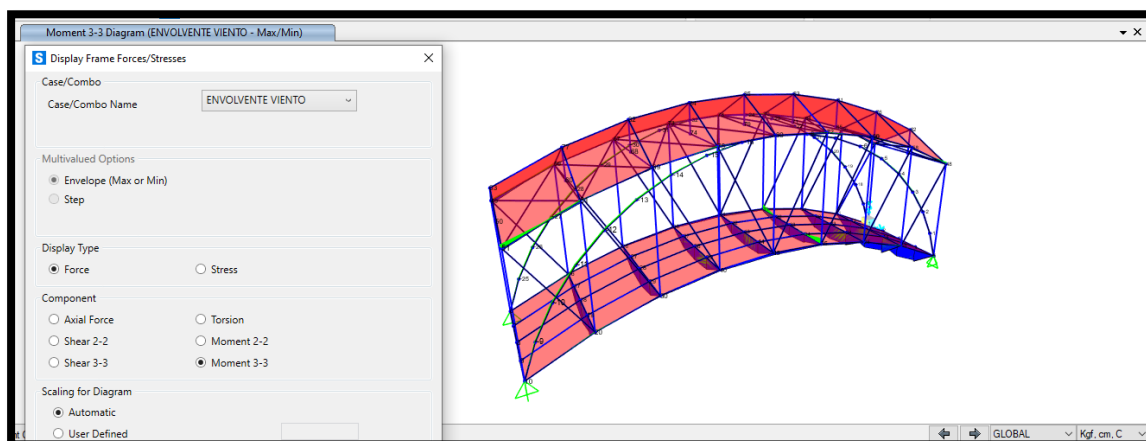


Ilustración 99.- Diagrama de Momento Flector - Envolvente por Viento

Resultado por fuerza cortante en la base:

- **Fuerza cortante en la base por sismo (apoyos fijos)**

Tabla 34.- Tabla Fuerzas Cortantes en la base por Sismo con apoyos fijos

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
SDX	LinRespSpec	Max	2001.08	9.25	59.24
SDY	LinRespSpec	Max	16.46	2166.54	37.2
W	Combination	Max	1.024E-10	33.72	157.44
W	Combination	Min	-2.696E-10	-78.72	-134.96

Resultado por cargas actuantes en ratios:

- **Masa participante según cada caso de carga en ratios**

Tabla 35.- Cargas actuantes en cada caso de carga en ratios

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	98.9628	89.2823
MODAL	Acceleration	UY	99.998	88.1893
MODAL	Acceleration	UZ	99.9985	98.9031
MODAL	Load Pattern	CM	100	93.1029
MODAL	Load Pattern	LIVE	100	99.613
MODAL	Load Pattern	W1	100	92.5426
MODAL	Load Pattern	W2	100	92.0641
MODAL	Load Pattern	W3	100	92.5426
MODAL	Load Pattern	W4	100	92.0641
MODAL	Load Pattern	LIVE ROOF	100	92.0528

- **Masa participante de la estructura en ratios:**

Periodo predominante Modo 01: $T=11.08352$ $f=0.09022$

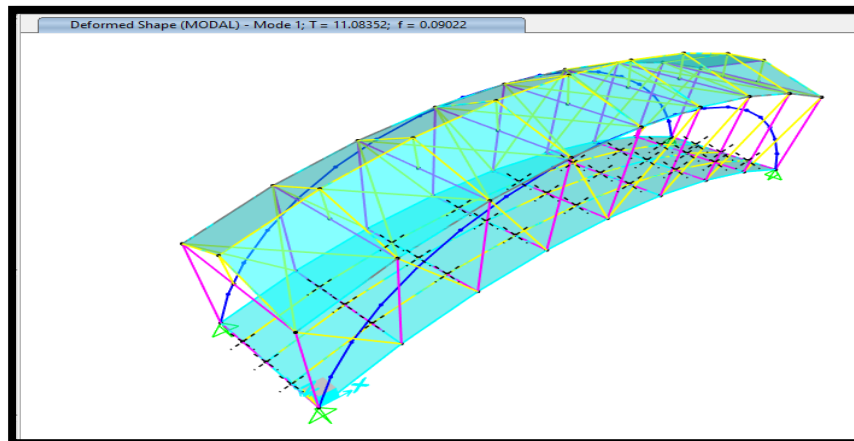


Ilustración 100.- Periodo Predominante Modo 01

Periodo predominante Modo 02: $T=0.3229$ $f=3.09685$

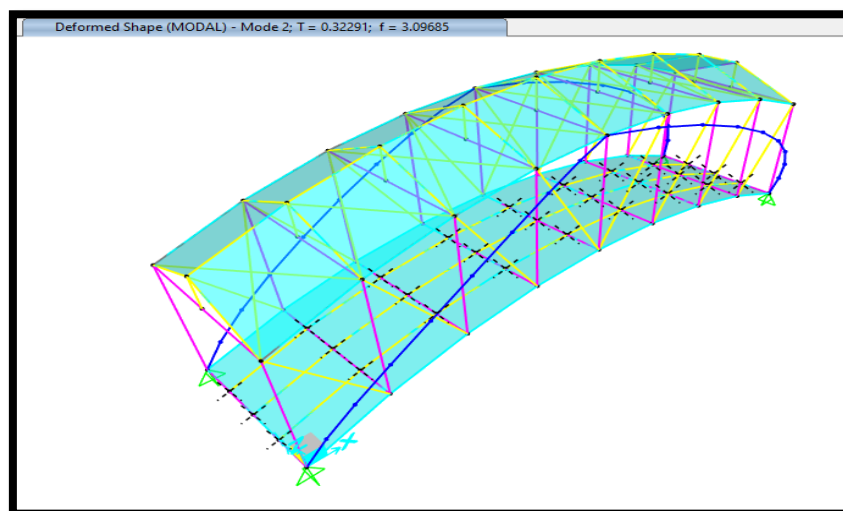


Ilustración 101.- Periodo Predominante Modo 02

- **Verificación de deflexiones**

El cálculo de las deflexiones debe de calcularse para los siguientes casos:

1. Combinación más desfavorable de cargas permanentes y sobrecargas de servicio.
2. Sobrecargas de servicio actuando solas.
3. Se evalúan los máximos desplazamientos generados por las cargas asignadas. En la tabla de resultados, verificamos si estos desplazamientos cumplen con [14], que establece el límite máximo de deflexión para estas estructuras debe ser $L/500$.

Deflexión límite en arco principal

$$\delta_{adm} = \frac{7}{500} = 0.014$$

L = Luz libre de la estructura = 7m

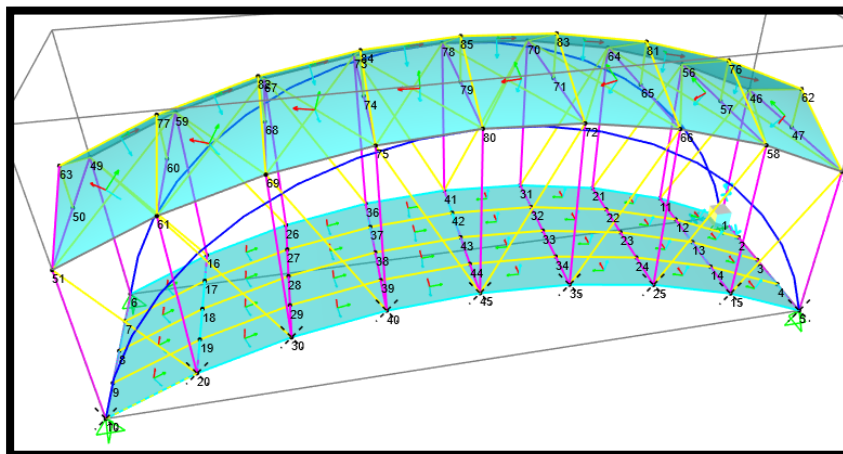


Ilustración 102.- Programa ejecutado para visualizar Deflexiones

TABLE: Joint Displacements						Verificar		
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m	m	m	m
5	DEAD+CM	Combination	0	0	0	OK	OK	OK
10	DEAD+CM	Combination	0	0	0	OK	OK	OK
15	DEAD+CM	Combination	8.629E-06	-4.576E-06	-0.00017	OK	OK	OK
20	DEAD+CM	Combination	-0.00000897	-4.343E-06	-0.00017	OK	OK	OK
25	DEAD+CM	Combination	0.000019	-6.92E-07	-0.000332	OK	OK	OK
30	DEAD+CM	Combination	-0.00002	-7.952E-07	-0.000333	OK	OK	OK
35	DEAD+CM	Combination	0.000015	8.435E-07	-0.000456	OK	OK	OK
40	DEAD+CM	Combination	-0.000017	4.983E-07	-0.000456	OK	OK	OK
45	DEAD+CM	Combination	-7.392E-07	5.893E-07	-0.000515	OK	OK	OK

TABLE: Joint Displacements						Verificar		
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m	m	m	m
5	LIVE+LIVE ROOF	Combination	0	0	0	OK	OK	OK
10	LIVE+LIVE ROOF	Combination	0	0	0	OK	OK	OK
15	LIVE+LIVE ROOF	Combination	-5.00E-05	-5.00E-05	0.000572	OK	OK	OK
20	LIVE+LIVE ROOF	Combination	4.70E-05	-4.70E-05	0.000576	OK	OK	OK
25	LIVE+LIVE ROOF	Combination	-1.40E-05	-1.10E-05	0.001105	OK	OK	OK
30	LIVE+LIVE ROOF	Combination	5.94E-06	-1.20E-05	0.001111	OK	OK	OK
35	LIVE+LIVE ROOF	Combination	4.91E-08	6.09E-06	0.001493	OK	OK	OK
40	LIVE+LIVE ROOF	Combination	-1.70E-05	7.91E-07	0.001497	OK	OK	OK
45	LIVE+LIVE ROOF	Combination	-1.00E-05	1.43E-06	0.001646	OK	OK	OK

TABLE: Joint Displacements						Verificar		
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	U1	U2	U3
Text	Text	Text	m	m	m	m	m	m
5	01 D+L	Combination	0	0	0	OK	OK	OK
10	01 D+L	Combination	0	0	0	OK	OK	OK
15	01 D+L	Combination	-0.000047	-0.000055	-0.000682	OK	OK	OK
20	01 D+L	Combination	0.000044	-0.000051	-0.000687	OK	OK	OK
25	01 D+L	Combination	-5.092E-06	-0.000012	-0.001318	OK	OK	OK
30	01 D+L	Combination	-3.595E-06	-0.000013	-0.001325	OK	OK	OK
35	01 D+L	Combination	0.00000751	6.767E-06	-0.001783	OK	OK	OK
40	01 D+L	Combination	-0.000026	0.00000107	-0.001788	OK	OK	OK
45	01 D+L	Combination	-0.000011	1.778E-06	-0.001973	OK	OK	OK

- **Verificación de esfuerzos admisibles en los elementos**

Según la norma E.100 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON BAMBU, ARTICULO 8.4: ESFUERZOS ADMISIBLES. Los esfuerzos admisibles limites se deberán usarse para el diseño de elementos estructurales en bambú son los siguientes.

Tabla 36.- Tabla de esfuerzos admisibles según norma E.100 y ensayos de laboratorio

	FLEXIÓN (fm)	TRACCIÓN PARALELA (ft)	COMPRESIÓN (fc)	CORTE (fv)
E.100	50.00 Kg/cm ²	160.00 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²
ENSAYOS DE LABORATORIO	70.00 Kg/cm ²	160.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²

- **Cálculo del área de la sección transversal del bambú estructural**

$$\text{Área} = \pi \cdot (R^2 - r^2)$$

Radio mayor(R)=	8.00	cm
Radio menor(r) =	6.00	cm
Espesor (t)	1.50	cm
Area (A)=	87.96	cm ²

ESFUERZO DE CARGA AXIAL						
ELEMENTO	Pu sap2000	Area	$\sigma_{ultimmo}$	$\sigma_{normal E.100}$	$\sigma_{ensayo laboratorio}$	VERIF.
4B-VIGA ARCO PRINCIPAL	2645.73 Kg	87.96 cm ²	30.08 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
1B-VIGUETA SECUNDARIA(PISO)	1122.55 Kg	87.96 cm ²	12.76 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
2B-VTRANVERSAL(PISO)	353.99 Kg	87.96 cm ²	4.02 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
3B-COLUMNAS	624.57 Kg	87.96 cm ²	7.10 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
1B-ARRIOSTRE(/)	529.96 Kg	87.96 cm ²	6.02 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
1B-ARRIOSTRA (X) TECHO	12.07 Kg	87.96 cm ²	0.14 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
2B-VTRANVERSAL(TECHO)	78.63 Kg	87.96 cm ²	0.89 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK
1B-DIAGONAL (TECHO)	47.32 Kg	87.96 cm ²	0.54 Kg/cm ²	130.00 Kg/cm ²	110.00 Kg/cm ²	OK

ESFUERZO DE CORTE						
ELEMENTO	Pu sap2000	Area	$\sigma_{ultimmo}$	$\Sigma_{normal E.100}$	$\sigma_{ensayo laboratorio}$	VERIF.
4B-VIGA ARCO PRINCIPAL	6.15 Kg	87.96 cm ²	0.07 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
1B-VIGUETA SECUNDARIA	0.92 Kg	87.96 cm ²	0.01 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
2B-VTRANVERSAL(PISO)	99.02 Kg	87.96 cm ²	1.13 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
3B-COLUMNAS	0.00 Kg	87.96 cm ²	0.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
1B-ARRIOSTRE(/)	0.00 Kg	87.96 cm ²	0.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
1B-ARRIOSTRA (X) TECHO	0.00 Kg	87.96 cm ²	0.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
2B-VTRANVERSAL(TECHO)	1.30 Kg	87.96 cm ²	0.01 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK
1B-DIAGONAL (TECHO)	0.92 Kg	87.96 cm ²	0.01 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	10.00 Kg/cm ²	OK

Resultados y discusión de resultados

Resultados por objetivos

1. Objetivo general

“Aplicar el bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales”

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INFLUENCIA	
“X” : Bambú Guadua	“Y” : Material Estructural	Positiva (Si)/ Negativa (No)	Normativa

Observación

Se puede observar que la influencia del bambú guadua respecto a si es un material de uso estructural para la elaboración de puentes peatonales, obtuvo resultados positivos que se podrá apreciar en la interpretación de los objetivos específicos, siendo este también apto como material para construcciones sismorresistentes.

2. Objetivo Específico:

“Determinar las características y propiedades mecánicas del bambú como elemento estructural para la elaboración de puentes peatonales”

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INFLUENCIA	
Propiedades Mecánicas	Cargas Actuantes Tipo de Uniones	Si	NTP (E-100) NSR-10 AASHTO LRDF

Observación

Se puede observar que el primer objetivo específico, donde el resultado de la influencia de las propiedades mecánicas es positivo, esto se debe a que los datos estudiados se adaptan a cumplir con las normativas existentes incluso al compararlas con normas internacionales, teniendo principalmente el desarrollo en las propiedades a Compresión, Flexión, Tracción y Corte.

3. Objetivos Específicos

“Determinar el proceso constructivo y especificaciones técnicas.”

Oberservación

Mediante el uso de los procedimientos constructivos y especificaciones técnicas preestablecidos en [11] y [24], se pudo determinar el procedimiento constructivo que demanda para el tipo de estructura determinada tales son las uniones, los arriostres, empalmes, así como su mantenimiento y preservación de la estructura con dicho material.

4. Objetivos Específicos

“Determinar la tipología óptima para maximizar su eficiencia ante cargas.”

OBSERVACION

Mediante revisión bibliográfica, antecedentes y la realización del ensayo empírico para deflexión de materiales desarrollado en el presente proyecto y su posterior cuantificación de datos se pudo determinar la tipología óptima para maximizar su eficiencia ante las cargas, la cual indica que el tipo Arco es la mejor propuesta.

5. Objetivos Específicos

“Diseñar un puente peatonal resistente con bambú, y determinar la carga máxima.”

OBSERVACION

Mediante la recopilación de información, antecedentes, parámetros y ejecución de ensayos para establecer propiedades mecánicas, comparación con Normativa extranjera y local, aplicación con Normativa Sismorresistente y modelado con el programa Sap2000, se logró diseñar y analizar las cargas máximas y desplazamientos en la estructura, estos desplazamientos se rigen a los rangos de desplazamientos máximos admisibles.

Siendo estos desplazamientos máximos de $U_1=0.000047m$, $U_2=0.000006767m$ y $U_3=0.001973m$ los cuales están por debajo de los valores de desplazamientos máximos permitido siendo esto la 500va parte de la Luz libre: $L/500 = 0.014m.$,

6. Contrastación De La Hipótesis

“el uso de bambú al ser un material capaz de resistir cargas estructurales, debido a sus características de flexibilidad y resistencia, puede ser usado para construir puentes que puedan resistir el tránsito peatonal.”

OBSERVACION

El uso del bambú como material estructural en la construcción tiene resultados positivos, donde la Hipótesis se da por válido, siendo apto para el uso para diseño y construcción como material estructural en puentes para peatones.

DISCUSION DE RESULTADOS

En función al **objetivo general** planteado como determinar el aplicar el bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes para peatones orientado a las zonas rurales, donde, acuerdo a los resultados obtenidos, las variables dependiente e independiente de la investigación con los resultados obtenido validan el uso del material para el funcionamiento como un material estructural que cumple los parámetros de diseños a este tipo de estructuras.

La Hipótesis nos muestra que el uso de la Guadua tiene validez para ser aplicado como material estructural de acuerdo a sus características de rigidez, alto índice de flexibilidad y establecerse dentro de los parámetros de diseño respecto a la normativa vigente al interactuar como material estructural en la elaboración y diseño de puentes para peatones.

En función al **objetivo específico 1**: Determinar las características y propiedades mecánicas del bambú como elemento estructural para la elaboración de puentes peatonales, validándose con los resultados obtenidos, se obtiene que el material tienen un efecto positivo como material de diseño estructural, cumpliendo los parámetros de esfuerzos admisibles de las normativas vigentes.

En función al **objetivo específico 2**: Determinar el proceso constructivo y especificaciones técnicas, se establecen los parámetros, condiciones, y procesos para la ejecución de cualquier estructura aplicada a la ingeniería, su construcción y mantenimiento con el uso del material Bambú Guadua Angustifolia.

En función al **objetivo específico 3**: *Determinar la tipología óptima para maximizar su eficiencia ante cargas*, se logró determinar la eficiencia de cargas en relación a la tipología más apta, de la cual, respecto al ensayo de método empírico realizado en la presente investigación, la cual, indica que la deflexión del material se reduce al combinarse en paralelo mas piezas de la estructura, pero el componente ARCO maximiza esta distribución de las cargas verticales

En función al **objetivo específico 4**: Se diseñó y modeló la estructura, asignando las cargas de la normativa y la combinación de cargas reglamentarias, donde dentro del parámetro de deflexión máxima en cada combinación de carga se mantuvo siempre dentro de los parámetros límites establecidos.

En función al **objetivo específico 5**: Se realizó la evaluación de una pieza de 7 metros de luz libre sometiéndolo a cargas para determinar comportamiento a flexión del material, lo cual nos dio como resultado un material dúctil con un alto índice de flexibilidad, lo que permitió establecer la forma final de la estructura tipo arco.

Conclusiones

1. Mediante el desarrollo de cada meta específica durante en la investigación se concluye que el material del bambú guadua posee características estructurales, debido las propiedades mecánicas obtenidas, las cuales se mantienen sobre los parámetros y límites de esfuerzos admisibles y deflexión máximas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones E-100, brindándonos valores a las propiedades mecánicas de 11.00Mpa (compresión), 7.00Mpa (flexión), 1.00Mpa (corte) y 16.00Mpa (tracción) y en cuestión de diseño las cargas actuantes desarrolladas las cuales nos brindan desplazamientos Máximos de diseño en unidades de “metros” como $U_1=0.000047m$, $U_2=0.000006767m$ y $U_3=0.001973m$, siendo valores muy por debajo de la deformación admisible.
2. Los esfuerzos promedios admisibles obtenidos cumplen con los parámetros establecidos en la N.T.P. E-100, obteniendo datos a compresión promedio de: 11.00Mpa (compresión), 7.00Mpa (flexión), 1.00Mpa (corte), 16.00Mpa (tracción). Siendo datos iguales o superiores a los del Reglamento Nacional de Edificaciones E-100 tales, los cuales son: 13Mpa (Compresión), 5Mpa (flexión), 1Mpa (corte), 16Mp(tracción); a excepción de compresión(13Mpa) esto se debe a que dos de las muestras obtienen mayor resistencia por la presencia de nudos en el culmo, lo cual indica que a resistencia a compresión la cantidad y/o posición de nudos interactuando a compresión aumentan la resistencia del material.
3. Los resultados de las cargas de diseño en el modelado de la estructura de puentes peatonales de bambú guadua, los desplazamientos máximos calculados en las combinaciones de cargas actuantes es de $U_1=0.000047m$, $U_2=0.000006767m$ y $U_3=0.001973m$ los cuales están por debajo de los valores de desplazamientos máximos permitido siendo esto la 500va parte de la Luz libre ($L/500 = 0.014m$), donde las cargas actuantes se encuentran por debajo del límite..
4. El uso de las superestructuras tipo Arco con el material denominado Bambú Guadua para elaborar puentes de peatones, maximiza comportamiento respecto a las cargas actuantes, esto debido a que la forma de arco de la super estructura, el alto índice de flexibilidad del material y las técnicas de estabilidad lateral mencionadas en el proyecto, permiten optimizar la eficiencia y distribución de las cargas actuantes.

Recomendaciones

Al determinar que el bambú guadua tiene parámetros admisibles aptos para poder diseñar diferentes tipos de estructuras, se recomienda mejorar y ampliar estos parámetros para poder integrar a futuro nuevas especificaciones y metodologías de aplicación.

Dado los resultados que se adaptan a los parámetros y diseños de construcción, se recomienda el uso de este material para el diseño y elaboración de estructuras como puentes, permitiendo su ampliación a un posible diseño de puentes vehiculares.

Se recomienda siempre proteger al material de agentes patógenos externos que puedan dañar o pudrirlo, para ello, se debe realizar tratamientos que puedan proteger la estructura y pieza a pieza que lo conforma, así como siempre considerar la unión con cimentaciones, evitando el contacto directo del suelo con el material.

Referencias Bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Estadística e Informática, Características de la Población, inei, 2017.
- [2] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; COSUDE; GTS; COPASA; Gobierno Regional de Arequipa, SISTEMATIZACIÓN DEL PROYECTO PILOTO DE VIVIENDA RURAL EN RURUCA - REGION AREQUIPA; LINEAMIENTOS PARA EL MODELO DE GESTIÓN DEL PROGRAMA NACIONAL DE VIVIENDA RURAL DEL MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO, A. R. M. Manrique, Ed., Arequipa: PREDES, 2008.
- [3] J. STAMM, Escritor, *SEMINARIO: SIETE CONCEPTOS BÁSICOS PARA DISEÑAR PUENTES DE BAMBÚ*. [Performance]. @bambuterra, 2020.
- [4] A. T. C. Oyague, MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CON BAMBÚ, Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, 2014.
- [5] Arquiprensa, «estudiob76.com,» estudio b76 ARQUITECTURA INTERIORISMO PROYECTO Y OBRA, 22 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.estudiob76.com/index.php/blog-menu/104-bambu-2>. [Último acceso: 10 Septiembre 2022].
- [6] D. H. DEFELIPE y F. E. M. SIERRA, DISEÑO DE UN PUENTE EN BAMBÚ *Guadua angustifolia* Kunth UBICADO EN LA FINCA EL CENTENARIO PARA LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, Bogotá: UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS, 2017.
- [7] K. M. V. Miranda, DISEÑO DE PUENTES PEATONALES UTILIZANDO CAÑA GUADUA COMO ELEMENTO DE CONSTRUCCIÓN, Guayaquil: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL - Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2005.
- [8] B. P. A. D. Valcárcel, “ANÁLISIS COMPARATIVO: USO DE BAMBÚ VS. PERFILES DE ACERO PARA COBERTURA LIVIANA”, Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN - FACULTAD DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA CIVIL - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL, 2016.
- [9] V. C. Umaña¹, «Bambú *Guadua* en puentes peatonales,» *Tecnología en Marcha*, vol. 23, nº 1, pp. 29-38, 2010.
- [10] I. I. M. Nakata, *SEMINARIO – TALLER: “PROMOCION DE LA NORMATIVIDAD PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES SEGURAS”*, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- [11] M. d. V. C. y. Sanemiento, NORMA TECNICA E.100 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ.
- [12] H. J. P. Gómez Salés, S. I. Rodríguez Chumacero y R. Ramal Montejo, EL BAMBÚ: UNA SOLUCIÓN ECOLÓGICA SUSTENTABLE COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN, Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- [13] C. Broto, «Enciclopedia Broto de las Patologías de la Construcción Castellano,» p. 1000, 2006.

- [14] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Puentes, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.
- [15] Días, Escalona, Hernández y Requena, Método De Empleo Del Bambú Como Material Alternativo Para La Construcción De Viviendas De Interés Social, Mérida, 2016.
- [16] A. Muciño-Vélez, H. Z. López-Calvo, C. A. Guillén-Guillén, C. A. Guillén-Guillén y C. A. Guillén-Guillén, «Informes de la Construcción 74 (565),» informesdelaconstruccion.revistas.csic.es, enero - marzo 2022. [En línea]. Available: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/6116/7564?inline=1>. [Último acceso: 05 05 2024].
- [17] International Organization for Standardization, «ISO 22157-2: Bamboo : Determination of Physical and Mechanical Properties, Part 2 : Laboratory Manual,» International Organization for Standardization (ISO), 2004.
- [18] International Organization for Standardization, «ISO (2004b) ISO 22157-1:2004(E), Bamboo – Determination of Physical and Mechanical Properties – Part I: Requirements. Geneva.,» International Organization for Standardization (ISO), 2004.
- [19] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE,» Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá D.C., Colombia, 2010.
- [20] International Organization for Standardization (ISO) 22157:2019, «Estructuras de bambú. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los culmos de bambú. Métodos de prueba».
- [21] ICONTEC, «MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH,» Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2007.
- [22] V. H. Paredes Angulo, «Uso del Bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017.
- [23] S. M. García, «BAMBÚ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL: GENERALIDADES, APLICACIONES Y MODELIZACIÓN DE UNA ESTRUCTURA TIPO.,» Universitat Politècnica de València, Valencia, 2015.
- [24] NORMA TECNICA COLIMBIANA (NTC 5525) , MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, Bogotá: ICONTEC, 2007.
- [25] M. I. V. R. O. Candelaria, D. M. T. M. Saulés, D. G. M. B. Pazos, I. d. E. A. (Inecol) y C. N. F. (CONAFOR), Manual para la construcción sustentable con bambú, C. N. FORESTAL, Ed., Ciudad de México: SEMARNAT, 2002.
- [26] J. Stamm, Interviewee, *SIETE CONCEPTOS BÁSICOS PARA DISEÑAR PUENTES DE BAMBÚ*. [Entrevista]. 11 Agosto 2020.

- [27] Structuralia, «Structuralia Blog,» Structuralia Blog, 14 08 2015. [En línea]. Available: <https://blog.structuralia.com/el-primer-puente-de-bambu-capaz-de-soportar-vehiculos-de-gran-tonelaje>. [Último acceso: 2023 04 04].
- [28] REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, NORMA TÉCNICA PERUANA E.030 DISEÑO SISMO RESISTENTE, Lima: Ministerio de Vivienda, 2018.
- [29] Inei, «inei.gob,» [En línea]. Available: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0014/varicoint.htm#:~:text=Area%20rural%20o%20centro%20poblado,sin%20formar%20bloques%20o%20n%C3%BAcleos.. [Último acceso: 19/03/2024].
- [30] Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares – Decreto Supremo N° 025-2008-MTC, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.
- [31] G. B. SAS, «guaduabambu,» Guadua Bamboo SAS, 2020. [En línea]. Available: <https://www.guaduabambu.com.co/blog/generos-de-bambu>. [Último acceso: 09 Septiembre 2022].
- [32] LUCILA AGUILAR Arquitectos, «MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ,» UUMBAL AGROFORESTAL.
- [33] AIMPLAS - INSTITUTO TECNOLOGICO DE PLASTICO, «aimplas.es,» [En línea]. Available: <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/ensayo-de-flexion/#:~:text=El%20objetivo%20del%20ensayo%20de,del%20espesor%20de%20la%20probeta..>
- [34] SENCICO, MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CON BAMBÚ, Lima, 2014.
- [35] B. Sharma, K. A. Harries y K. Ghavami, «Methods of determining transverse mechanical properties of full-culm bamboo,» *Construction and Building Materials*, vol. 38, pp. 627-637, 2013.
- [36] D. L. J. SUAREZ y A. G. SANCLEMENTE, «ESTUDIO DE UNIONES EN GUADUA CON ANGULOS DE INCLINACION ENTRE ELEMENTOS,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE INGENIERIA - DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, BOGOTA D.C., 2003.

Anexos

Anexo 01.- Panel Fotográfico



Ilustración 103.- Corte de la barra de bambú en culmos



Ilustración 104.- Material en laboratorio Usat rotulado y listo para ensayo



Ilustración 105.- Culmos cortados a medida y rotulados



Ilustración 106.- Selección de muestras para ensayo



Ilustración 107.- Selección de culmos inferiores, intermedios y superiores para ensayos a compresión



Ilustración 108.- Selección de culmos inferiores, intermedios y superiores para ensayos a corte



Ilustración 109.- Selección de culmos inferiores, intermedios y superiores para ensayos a flexión



Ilustración 110.- Carga Esfuerzos Últimos para ensayos en Kg-F



Ilustración 111.- Tipos de falla en culmos a compresión



Ilustración 112.- Tipos de falla en culmos a compresión



Ilustración 113.- Tipos de falla en culmos a compresión



Ilustración 114.- Tipos de falla en culmos a compresión



Ilustración 115.- Culmo a Flexión rotulado



Ilustración 116.- Culmo ensayado a flexión con placas en tres puntos



Ilustración 117.- Tesista en ensayo a Flexión



Ilustración 118.- Tesista en cosecha de bambú guadua



Ilustración 119.- Muestras para ensayo a tracción



Ilustración 120.- Ensayo Empírico con amarres a $1/3 L$




Ilustración 121.- Apoyo simple en la estructura, restricción en "X" y "Y"



Ilustración 122.- Ensayo empirico a deflexión con Nivel Topográfico

Anexo 02.- Validación de ensayos



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 054-2024-I
 FECHA: 24 de Mayo 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: José Manuel García Gonzáles

TITULO DE LA TESIS: Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales

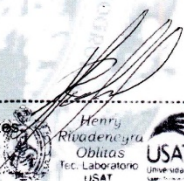
El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

Otro laboratorio

- Compresión
- Flexión
- Tracción
- Corte


Se alcanza al interesado para los fines pertinentes

Observación: Adjunto




Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Ilustración 123.- Validación de Ensayos de Laboratorio

SEPESEM		SERVICIOS PROFESIONALES DE ESTUDIOS DE SUELOS PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES					
		MANUEL SEOANE N° 137 - TLF. 074-282872 - RPM. #956904282 - LAMBAYEQUE					
		RESOLUCION N° 004005-2007/OSD - INDECOPI					
		REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES - RUC. 10175244498					
RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE FRAGMENTOS DE CULMOS DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA							
SOLICITANTE: : TESISTA - JOSE MANUEL GARCIA GONZALES							
TESIS: : Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales							
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO							
FECHA: : 29/01/2024							
CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS: Las probetas denominadas culmos de las partes inferior media y superior del bambú guadua de dimensiones variable se ensaya tracción de acuerdo al ISO 22157-1							
Item	DATOS GENERALES				DATOS ENSAYO		
	Descripción de la probeta	Fecha del ensayo	Longitud sección reducida (mm)	Ancho sección reducida (mm)	Espesor de Sección reducida (mm)	Area sección transversal (mm ²)	Carga de Rotura (Kg.F)
01	CULMO INFERIOR 01	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	490
02	CULMO INFERIOR 02	29/01/2024	80.00	17.00	14.50	246.50	430
03	CULMO INFERIOR 03	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	410
04	CULMO INFERIOR 04	29/01/2024	80.00	17.00	14.50	246.50	320
05	CULMO INFERIOR 05	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	500
06	CULMO INTERMEDIO 01	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	460
07	CULMO INTERMEDIO 02	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	480
08	CULMO INTERMEDIO 03	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	470
09	CULMO INTERMEDIO 04	29/01/2024	80.00	17.00	14.50	246.50	280
10	CULMO INTERMEDIO 05	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	460
11	CULMO SUPERIOR 01	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	430
12	CULMO SUPERIOR 02	29/01/2024	80.00	17.00	14.50	246.50	370
13	CULMO SUPERIOR 03	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	400
14	CULMO SUPERIOR 04	29/01/2024	80.00	17.00	15.00	255.00	440
15	CULMO SUPERIOR 05	29/01/2024	80.00	17.00	14.50	246.50	430

NOTAS:

- LOS CULMOS O PROBETAS DE BAMBÚ GUADUA SE REALIZARON EN UNA PRENSA HIDRAULICA MARCA WF LABORATORIOS MODELO 03 CON INDICADOR DIGITAL DE 120 TN DE CAPACIDAD CON CERTIFICADOS DE CALIBRACION TRAZABLE
- LOS ENSAYOS SE REALIZARON EN BASE AL ISO 22157-1
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.

DIRECCION: CALLE MANUEL SEOANE N° 137 - 3ER. PISO - OFC. 301
TLF. 074-282872 - CELULAR 956904282 - LAMBAYEQUE
sepespem@hotmail.com

Lic. María Noriega Bances
JEFE LABORATORIO - SEPESEM

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT





Ilustración 124.-.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Tracción



SEPEPEM

**SERVICIOS PROFESIONALES DE ESTUDIOS DE SUELOS
PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

MANUEL SEOANE N° 137 - TLF. 074-282872 - RPM. #956904282 - LAMBAYEQUE

RESOLUCION N° 004005-2007/OSD - INDECOPI

REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES - RUC. 10175244498

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A CORTE
DE CULMOS DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA**

SOLICITANTE : TESISTA - JOSE MANUEL GARCIA GONZALES

TESIS : Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FECHA : 29/01/2024



USAT


TECNICO DE LABORATORIO

CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS: Las probetas cilindricas denominadas culmos de las partes inferior media y superior del bambú guadua de dimensiones variable se ensaya a corte por compresión axial utilizando promedio de la medicion de dos veces el diametro del culmo. de acuerdo al ISO 22157-1

Item	DATOS GENERALES				DATOS ENSAYO		
	Descripción de la probeta	Fecha del ensayo	Longitud prom. (cm)	Espesor promedio (cm)	Cantidad de medidas tomadas por muestra	$\Sigma(t*L)$	Carga de Rotura (Kg.F)
01	CULMO INFERIOR 01 (N)	29/01/2024	10.5	1.50	4.00	63.00	790.00
02	CULMO INFERIOR 02 (N)	29/01/2024	10	1.45	4.00	58.00	710.00
03	CULMO INFERIOR 03	29/01/2024	10.5	1.5	4.00	63.00	490.00
04	CULMO INFERIOR 04	29/01/2024	10.5	1.5	4.00	63.00	530.00
06	CULMO INTERMEDIO 01 (N)	29/01/2024	10.5	1.4	4	58.8	720.00
07	CULMO INTERMEDIO 02 (N)	29/01/2024	10	1.45	4	58	610.00
08	CULMO INTERMEDIO 03	29/01/2024	10.5	1.5	4	63	510.00
09	CULMO INTERMEDIO 04	29/01/2024	10.5	1.5	4	63	450.00
11	CULMO SUPERIOR 01 (N)	29/01/2024	10.5	1.45	4.00	60.90	500.00
12	CULMO SUPERIOR 02 (N)	29/01/2024	10	1.45	4.00	58.00	690.00
13	CULMO SUPERIOR 03	29/01/2024	10.5	1.5	4.00	63.00	510.00
14	CULMO SUPERIOR 04	29/01/2024	10.5	1.45	4.00	60.90	450.00

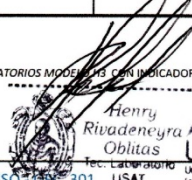
NOTAS:

- LOS CULMOS O PROBETAS DE BAMBÚ GUADUA SE REALIZARON EN UNA PRENSA HIDRAULICA MARCA WF LABORATORIOS MODELOS 1000 CON INDICADOR DIGITAL DE 120 TN DE CAPACIDAD CON CERTIFICADOS DE CALIBRACION TRAZABLE
- LOS ENSAYOS SE REALIZARON EN BASE AL ISO 22157-1
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO.




Lic. María Noriega Bances
JEFE LABORATORIO - SEPEPEM

DIRECCION: CALLE MANUEL SEOANE N° 137 - 3ER. PISO - 3ER. 301
TLF. 074-282872 - CELULAR 956904282 - LAMBAYEQUE
sepepem@hotmail.com



Henry Rivadeneira Oblitas
USAT
Tec. Laboratorio USAT







Ilustración 125.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Corte

SEPESEM		SERVICIOS PROFESIONALES DE ESTUDIOS DE SUELOS PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES					
		MANUEL SEOANE N° 137 - TLF. 074-282872 - RPM. #956904282 - LAMBAYEQUE					
		RESOLUCION N° 004005-2007/OSD - INDECOPI					
		REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES - RUC. 10175244498					
RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A FLEXION DEL CULMO CON CARGA PUNTUAL DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA							
SOLICITANTE: : TESISISTA - JOSE MANUEL GARCIA GONZALES							
TESIS: : Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales							
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO							
FECHA: : 4/03/2024							
CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS: Las probetas denominadas culmos de las partes inferior media y superior del bambú guadua de dimensiones variable se ensaya a flexión, mediante una carga puntual al centro de la muestra simplemente apoyada de acuerdo al ISO 22157-1							
Item	DATOS GENERALES					DATOS ENSAYO	
	Descripción de la probeta	Fecha del ensayo	Longitud prom. (cm)	D = Diámetro Externo prom. (cm)	t = Espesor muestra (cm)	Area de la muestra (cm ²)	F = Carga de Rotura (Kg.F)
01	CULMO INFERIOR 01	4/03/2024	50	8.00	1.50	50.27	330.00
02	CULMO INFERIOR 02	4/03/2024	50	6.50	1.50	33.18	380.00
03	CULMO INFERIOR 03	4/03/2024	50	7.5	1.50	44.18	440.00
04	CULMO INFERIOR 04	4/03/2024	50	7	1.50	38.48	370.00
06	CULMO INTERMEDIO 01	4/03/2024	50	7.5	1.50	44.18	340.00
07	CULMO INTERMEDIO 02	4/03/2024	50.5	8	1.50	50.27	440.00
08	CULMO INTERMEDIO 03	4/03/2024	50	8	1.50	50.27	200.00
09	CULMO INTERMEDIO 04	4/03/2024	50	8	1.50	50.27	330.00
11	CULMO SUPERIOR 01	4/03/2024	50	8	1.50	50.27	330.00
12	CULMO SUPERIOR 02	4/03/2024	50	8.5	1.50	56.75	320.00
13	CULMO SUPERIOR 03	4/03/2024	50	8	1.50	50.27	270.00
14	CULMO SUPERIOR 04	4/03/2024	50	8.5	1.50	56.75	270.00

NOTAS:

- LOS CULMOS O PROBETAS DE BAMBÚ GUADUA SE REALIZARON EN UNA PRENSA HIDRAULICA MARCA WF LABORATORIO MODELO 15 CON INDECOPI REGISTRADA DE 120 TN DE CAPACIDAD CON CERTIFICADOS DE CALIBRACION TRAZABLE
- LOS ENSAYOS SE REALIZARON EN BASE AL ISO 22157-1
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO


DIRECCION: CALLE MANUEL SEOANE N° 137 - 3ER. PISO - OFC. 301
TLF. 074-282872 - CELULAR 956904282 - LAMBAYEQUE
sepespem@hotmail.com

Lic. María Noriega Bances
JEFE LABORATORIO SEPESEM

Henry Rivadeneira Obliuas
Tec. Laboratorio USAT

SEPESEM
Servicio Profesional de Estudios de Suelos, Pavimentos y Ensayos de Materiales

Ilustración 126.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Flexión

		<p align="center">SERVICIOS PROFESIONALES DE ESTUDIOS DE SUELOS PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES</p> <p align="center">MANUEL SEOANE N° 137 - TLF. 074-282872 - RPM. #956904282 - LAMBAYEQUE</p> <p align="center">RESOLUCION N° 004005-2007/OSD - INDECOPI</p> <p align="center">REGISTRO NACIONAL DE PROVEEDORES - RUC. 10175244498</p>					
<p align="center">RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE FRAGMENTOS DE CULMOS DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA</p>							
<p>SOLICITANTE : TESISTA - JOSE MANUEL GARCIA GONZALES</p> <p>TESIS : Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales</p> <p>UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO</p> <p>FECHA : 29/01/2024</p>							
<p>CARACTERISTICAS DE LAS PROBETAS ENSAYADAS: Las probetas cilíndricas denominadas culmos de las partes inferior, media y superior del bambú guadua de dimensiones variable se ensaya a compresión axial utilizando promedio de la medición de dos veces el diámetro del culmo. de acuerdo al ISO 22157-1</p>							
Item	DATOS GENERALES				DATOS ENSAYO		
	Descripción de la probeta	Fecha del ensayo	Longitud prom. (cm)	Diámetro prom. (cm)	Area de la muestra (cm ²)	Carga de Rotura (Kg.F)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
01	CULMO INFERIOR 01	29/01/2024	10.5	8.50	56.75	5950	104.86
02	CULMO INFERIOR 02	29/01/2024	10	7.00	38.48	4800	124.73
03	CULMO INFERIOR 03	30/01/2024	10.5	9	63.62	6940	109.09
04	CULMO INFERIOR 04	31/01/2024	10.5	8.5	56.75	4380	77.19
05	CULMO INFERIOR 05	1/02/2024	10	8	50.27	8430	167.71
06	CULMO INTERMEDIO 01	2/02/2024	15	9	63.62	5340	83.94
07	CULMO INTERMEDIO 02	3/02/2024	15	8.5	56.75	6430	113.31
08	CULMO INTERMEDIO 03	4/02/2024	15	8	50.27	7630	151.79
09	CULMO INTERMEDIO 04	5/02/2024	15.5	9	63.62	6030	94.79
10	CULMO INTERMEDIO 05	6/02/2024	15	9	63.62	6890	108.30
11	CULMO SUPERIOR 01	7/02/2024	15	8	50.27	5290	105.24
12	CULMO SUPERIOR 02	8/02/2024	15	7.5	44.18	4220	95.52
13	CULMO SUPERIOR 03	9/02/2024	15	7	38.48	3620	94.06
14	CULMO SUPERIOR 04	10/02/2024	15.5	7	38.48	5400	140.32
15	CULMO SUPERIOR 05	29/01/2024	15	8	50.27	4950	98.48

NOTAS:

- LOS CULMOS O PROBETAS DE BAMBÚ GUADUA SE REALIZARON EN UNA PRENSA HIDRAULICA MARCA WF LABORATORIO S.A. MODELO H3 CON INDICADOR DIGITAL DE 120 TN DE CAPACIDAD CON CERTIFICADOS DE CALIBRACION TRAZABLE
- LOS ENSAYOS SE REALIZARON EN BASE AL ISO 22157-1
- EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

Lic. Martín Noriega Bances
JEFE LABORATORIO - SEPEPEM

DIRECCION: CALLE MANUEL SEOANE N° 137 - 3ER. PISO - OFC. 301
TLF. 074-282872 - CELULAR 956904282 - LAMBAYEQUE
sepespem@hotmail.com

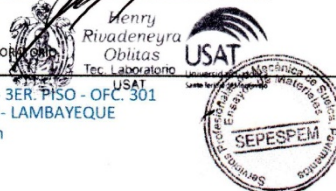
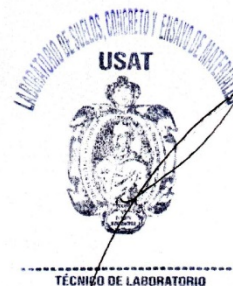


Ilustración 127.- Resultados de Laboratorio - Ensayos a Compresión

REGISTRO NACIONAL DE LA MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA

REMYPE
ACREDITACIÓN

RUC N° : 10175244498
 RAZÓN SOCIAL : NORIEGA BANCES MARTIN
 Actividad Económica : ACTIV.DE ARQUITECTURA E INGENIERIA
 CIUU : 74218
 Domicilio : CALLE MANUEL SEOANE NRO. 137 - CERCADO
 Distrito : LAMBAYEQUE
 Provincia : LAMBAYEQUE
 Departamento : LAMBAYEQUE
 Gerente General : ---
 Representante Legal : MARTIN NORIEGA BANCES
 Queda acreditada como: MICRO EMPRESA
 Número de Registro - Solicitud de Inscripción REMYPE : 0000523805-2011
 Fecha de presentación - Solicitud de Inscripción REMYPE : 20/04/2011



Esta acreditación es en base a la declaración jurada realizada en el sistema virtual del REMYPE por la empresa acreditada, la misma que se encuentra sujeta a una fiscalización posterior por parte de la Autoridad Administrativa de Trabajo. En caso de comprobar fraude o falsedad en la declaración presentada por la empresa acreditada, la Autoridad Administrativa de Trabajo procederá a declarar nulo el registro. Asimismo, si la conducta se adecua a los supuestos delitos contra la fe pública del Código Penal, este será comunicado al Ministerio Público para que interponga la acción penal correspondiente, de conformidad con el Art. 32° de la Ley N° 27444.

La fecha de expedición de la Constancia de Acreditación al REMYPE, tiene efectos retroactivos a la fecha de presentación de la solicitud para la inscripción en el REMYPE, a efectos de acceder a los beneficios de las Micro y Pequeñas Empresas.

Fecha de Expedición : 28/04/2011

Código N° 71063

Número de Registro: 0000523805-2011

www.registro.pe

TEL: 051 1 609-9900
 051 1 609-9901
 051 1 609-9902



Ilustración 128.- Acreditación de Laboratorio



EXPEDIENTE N° 698670-2017

RESOLUCIÓN N° 003667

-2017/DSD-Reg-Indecopi

Lima,

Con fecha 27 de marzo de 2017, NORIEGA BANCES MARTIN, de Peru, solicita la
Renovación del registro N° 45419.

**1. ANÁLISIS**

Los artículos 152° y 153° de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, establecen que la renovación del registro de una marca deberá solicitarse ante la Oficina Competente, dentro de los seis meses anteriores a la fecha de su expiración. No obstante, el titular de la marca gozará de un plazo de gracia de seis meses, contados a partir de la fecha del mismo.

Asimismo, habiéndose cumplido con las formalidades establecidas en el párrafo precedente, las disposiciones contenidas en los artículos 178°, 179°, 184°, 189°, 196° y 198° de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y el artículo 75° del Decreto Legislativo N° 1075 y sus modificatorias, en lo que corresponda; así como lo señalado por el Texto Único de Procedimientos Administrativos del Indecopi; procede acceder a la renovación solicitada.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36°, 40° y 41° de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - Indecopi, sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, Reglamento y su modificatoria, concordante con el artículo 4° del Decreto Legislativo N° 1075 y sus modificatorias, que aprueba disposiciones complementarias a la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial.

2. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de Servicio de la Propiedad Industrial, a favor de NORIEGA BANCES MARTIN, la renovación del certificado de registro de la marca de servicio constituida por el logotipo conformado por la denominación SERVICIOS PROFESIONALES DE ESTUDIOS DE SUELOS PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES escrita en letras características; al lado izquierdo se aprecia una figura cuadrangular con bordes redondeados que contienen las letras CH, CL, SM; en la parte superior de la figura cuadrangular se observa la denominación SEPESPEM escrita en letras características; todo en los colores marrón, negro y azul, de la clase 42 de la Clasificación Internacional, inscrita con certificado N° 45419, quedando bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado desde el vencimiento del registro anterior, que expirará el 05 de marzo de 2027.

Regístrese y comuníquese



Carlos Campos Franco
Carlos Campos Franco
Área de Registro y Archivo
Dirección de Signos Distintivos
Indecopi

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL



Ilustración 129.- Resolución autorización de ensayos

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SMF - 069 - 2023

Expediente	23-0108
1. Solicitante	NORIEGA BANCES MARTIN
2. Dirección	Cal. Manuel Seoane N° 137 Cercado - LAMBAYEQUE
3. Equipo	PRENSA DE CONCRETO
Capacidad	120000 kgf
Marca	WF LABORATORIOS
Modelo	H3
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	F-069 (*)
Procedencia	PERÚ
Indicación	DIGITAL
Marca	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	10 kgf
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
4. Fecha de Calibración	2023-08-12
5. Fecha de Emisión	2023-08-14

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. No deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

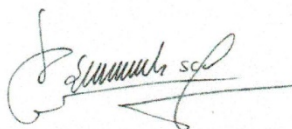
SERVICIOS & METROLOGÍA S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello

Jefe de Laboratorio


Firmado digitalmente por
ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ
Fecha: 2023.08.15 08:40:53
-05'00'

ventasservimetrol@gmail.com
aservimetrol@gmail.com
cservimetrol@gmail.com

938102709
938327400

Cal.37 Mza. A-34 Lote 29 Urb.
Cultura Peruana Moderna
Lima- Lince, Santa Anita

Henry
Rivadeneira
Obitas
Tec. Laboratorio
USAT



Anexo 03.- Memoria de Cálculos



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesistas : Jose Manuel Garcia Gonzales
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : "Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024
Norma : ISO 22157-1, ISO 22157-2
Título : **Métodos de muestreo y ensayo** de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a **corte**)
Nota : La Normativa indica que el resultado Esfuerzo ultimo a **corte** individual y en promedio debe estar expresado y aproximado con una exactitud de 1 MPa,

Item	Descripción de la probeta	$\Sigma(t \cdot L)$ cm ²	Carga de Rotura (Kg.F)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Ult. a Corte (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Corte Promedio por Culmos (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Corte total (Mpa)
01	CULMO INFERIOR 01 (N)	63.00	790.00	12.54	1.00	1.00	1.00
02	CULMO INFERIOR 02 (N)	58.00	710.00	12.24	1.00		
03	CULMO INFERIOR 03	63.00	490.00	7.78	1.00		
04	CULMO INFERIOR 04	63.00	530.00	8.41	1.00		
05	CULMO INTERMEDIO 01 (N)	58.8	720.00	12.24	1.00	1.00	
06	CULMO INTERMEDIO 02 (N)	58	610.00	10.52	1.00		
07	CULMO INTERMEDIO 03	63	510.00	8.10	1.00		
08	CULMO INTERMEDIO 04	63	450.00	7.14	1.00		
09	CULMO SUPERIOR 01 (N)	60.90	500.00	8.21	1.00	1.00	
10	CULMO SUPERIOR 02 (N)	58.00	690.00	11.90	1.00		
11	CULMO SUPERIOR 03	63.00	510.00	8.10	1.00		
12	CULMO SUPERIOR 04	60.90	450.00	7.39	1.00		

Ilustración 131.- Informe de Resultados Ensayo a Corte



ESFUERZOS ADMISIBLES A CORTE							
ITEM	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	12.54	1	10	1	12	1.2
2	CULMO INFERIOR 02	12.24	1	10	1	12	1.2
3	CULMO INFERIOR 03	7.78	1	10	1	12	1.2
4	CULMO INFERIOR 04	8.41	1	10	1	12	1.2
5	CULMO INTERMEDIO 01	12.24	1	10	1	12	1.2
6	CULMO INTERMEDIO 02	10.52	1	10	1	12	1.2
7	CULMO INTERMEDIO 03	8.10	1	10	1	12	1.2
8	CULMO INTERMEDIO 04	7.14	1	10	1	12	1.2
9	CULMO SUPERIOR 01	8.21	1	10	1	12	1.2
10	CULMO SUPERIOR 02	11.90	1	10	1	12	1.2
11	CULMO SUPERIOR 03	8.10	1	10	1	12	1.2
12	CULMO SUPERIOR 04	7.39	1	10	1	12	1.2

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	1.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INTERMEDIO =	1.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO SUPERIOR =	1.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	1.00	Mpa

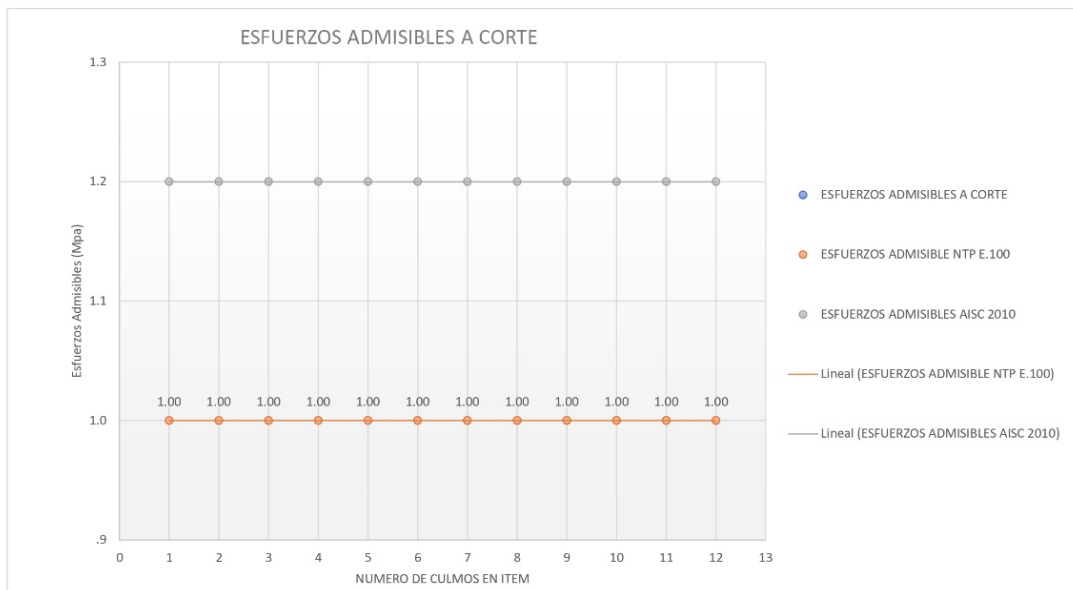


Ilustración 132.- Esquema comparación de Resultados Ensayo a Corte con Normativa



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO SUPERIOR N°02

$$F_{ult} = 690.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 11.90 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm2
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	690.00	Kg/cm2
t = Espesor promedio (cm)	1.45	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.00	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	58.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	11.90	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO SUPERIOR N°01

$$F_{ult} = 500.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 8.21 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	500.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.45	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	60.90	cm ⁴

τ_{ult}	=	8.21	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 134.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Superior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INTERMEDIO N°04

$$F_{ult} = 450.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 7.14 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	450.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.50	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	63.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	7.14	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 135.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INTERMEDIO N°03

$$F_{ult} = 510.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 8.10 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	510.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.50	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	63.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	8.10	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 136.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INTERMEDIO N°02

$$F_{ult} = 610.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 10.52 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	610.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.45	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.00	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	58.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	10.52	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 137.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INTERMEDIO N°01

$$F_{ult} = 720.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 12.24 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	720.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.40	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	58.80	cm ⁴

τ_{ult}	=	12.24	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 138.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Intermedio N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INFERIOR N°04

$$F_{ult} = 530.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 8.41 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	530.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.50	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	63.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	8.41	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 139.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°04



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INFERIOR N°03

$$F_{ult} = 490.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 7.78 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	490.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.50	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	63.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	7.78	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 140.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INFERIOR N°02

$$F_{ult} = 710.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 12.24 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	710.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.45	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.00	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	58.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	12.24	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 141.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO INFERIOR N°01

$$F_{ult} = 790.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 12.54 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	790.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.50	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	63.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	12.54	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 142.- Memoria de Cálculo - Resistencia a Corte - Culmo Inferior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesistas : Jose Manuel Garcia Gonzales
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : "Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024
Norma : ISO 22157-1, ISO 22157-2
Título : **Métodos de muestreo y ensayo** de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a compresión)
Nota : La Normativa indica que el resultado Esfuerzo ultimo promedio a compresión debe estar expresado y aproximado con una exactitud de 1 MPa.

Muestra N°	Descripción de la probeta	Carga de Rotura (Kg.F)	Resist. a la Compresión (Kg/cm ²)	Esfuerzo ult. a Compresión (Mpa)	Esfuerzo ult. a Compresión promedio por culmo (Mpa)	Esfuerzo ult. a Compresión promedio total (Mpa)
01	CULMO INFERIOR 01	5950	104.86	10.00	11.00	11.00
02	CULMO INFERIOR 02	4800	124.73	12.00		
03	CULMO INFERIOR 03	6940	109.09	11.00		
04	CULMO INFERIOR 04	4380	77.19	8.00		
05	CULMO INFERIOR 05	8430	167.71	16.00		
06	CULMO INTERMEDIO 01	5340	83.94	8.00	11.00	
07	CULMO INTERMEDIO 02	6430	113.31	11.00		
08	CULMO INTERMEDIO 03	7630	151.79	15.00		
09	CULMO INTERMEDIO 04	6030	94.79	9.00		
10	CULMO INTERMEDIO 05	6890	108.30	11.00		
11	CULMO SUPERIOR 01	5290	105.24	10.00	10.00	
12	CULMO SUPERIOR 02	4220	95.52	9.00		
13	CULMO SUPERIOR 03	3620	94.06	9.00		
14	CULMO SUPERIOR 04	5400	140.32	14.00		
15	CULMO SUPERIOR 05	4950	98.48	10.00		

Ilustración 143.- Informe Resultados Ensayo de Resistencia a Compresión



ESFUERZOS ADMISIBLES A COMPRESIÓN							
ITEM	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	104.86	10.00	130	13	140	14
2	CULMO INFERIOR 02	124.73	12.00	130	13	140	14
3	CULMO INFERIOR 03	109.09	11.00	130	13	140	14
4	CULMO INFERIOR 04	77.19	8.00	130	13	140	14
5	CULMO INFERIOR 05	167.71	16.00	130	13	140	14
6	CULMO INTERMEDIO 01	83.94	8.00	130	13	140	14
7	CULMO INTERMEDIO 02	113.31	11.00	130	13	140	14
8	CULMO INTERMEDIO 03	151.79	15.00	130	13	140	14
9	CULMO INTERMEDIO 04	94.79	9.00	130	13	140	14
10	CULMO INTERMEDIO 05	108.30	11.00	130	13	140	14
11	CULMO SUPERIOR 01	105.24	10.00	130	13	140	14
12	CULMO SUPERIOR 02	95.52	9.00	130	13	140	14
13	CULMO SUPERIOR 03	94.06	9.00	130	13	140	14
14	CULMO SUPERIOR 04	140.32	14.00	130	13	140	14
15	CULMO SUPERIOR 05	98.48	10.00	130	13	140	14

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	11.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INTERMEDIO =	11.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO SUPERIOR =	10.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	11.00	Mpa

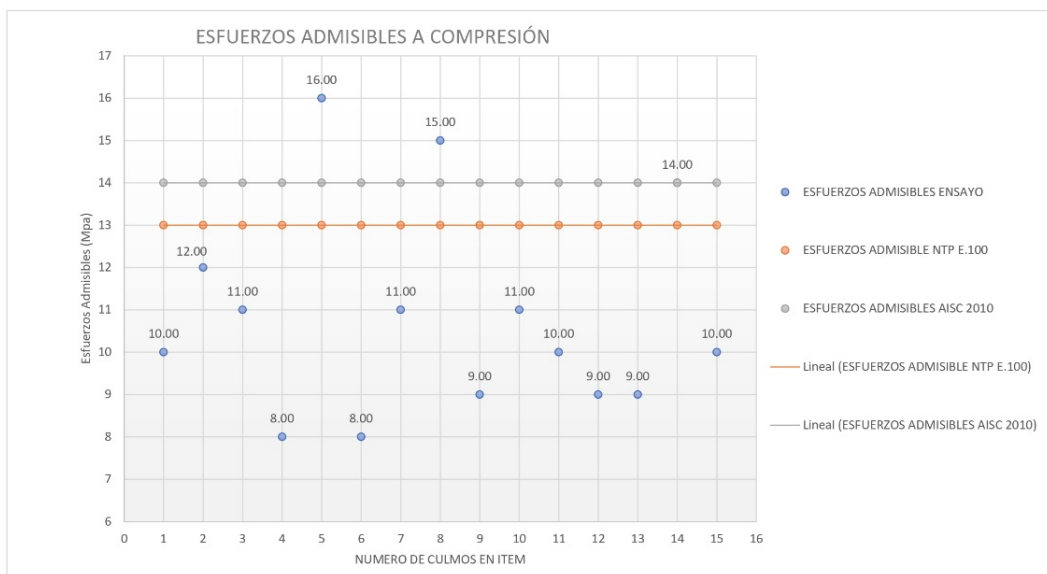


Ilustración 144.- Esquema comparativo Resultados Ensayos de Resistencia a Compresión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO SUPERIOR N° 5

$$F_{ult} = 4950 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 10.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	4950	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²

σ_{ult}	=	10.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 145.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°05



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO SUPERIOR N° 4

$$F_{ult} = 5400 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 14.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	5400	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	7.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	38.48	cm ²

σ_{ult}	=	14.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 146.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO SUPERIOR N°3

$$F_{ult} = 3620 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 9.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	3620	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	7.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	38.48	cm ²

σ_{ult}	=	9.00	Mpa
----------------	---	------	-----

Ilustración 147.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO SUPERIOR N°2

$$F_{ult} = 4220 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 9.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	4220	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	7.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	44.18	cm ²

σ_{ult}	=	9.00	Mpa
----------------	---	------	-----

Ilustración 148.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO SUPERIOR N° 1

$$F_{ult} = 5290 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 10.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	5290	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²

σ_{ult}	=	10.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 149.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Superior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INTERMEDIO N°5

$$F_{ult} = 6890 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 11.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	6890	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	9.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	63.62	cm ²

σ_{ult}	=	11.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 150.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°05



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INTERMEDIO N° 4

$$F_{ult} = 6030 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 9.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	6030	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	9.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	63.62	cm ²

σ_{ult}	=	9.00	Mpa
----------------	---	------	-----

Ilustración 151.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INTERMEDIO N° 3

$$F_{ult} = 7630 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 15.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm2
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	7630	Kg/cm2
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
A = Area de la muestra (cm2)	50.27	cm2

σ_{ult}	=	15.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 152.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INTERMEDIO N° 2

$$F_{ult} = 6430 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 11.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm2
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	6430	Kg/cm2
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.50	cm
A = Area de la muestra (cm2)	56.75	cm2

σ_{ult}	=	11.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 153.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INTERMEDIO N° 1

$$F_{ult} = 5340 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 8.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm2
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	5340	Kg/cm2
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	9.00	cm
A = Area de la muestra (cm2)	63.62	cm2

σ_{ult}	=	8.00	Mpa
----------------	---	------	-----

Ilustración 154.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Intermedio N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INFERIOR N°05

$$F_{ult} = 8430 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 16.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	8430	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²

σ_{ult}	=	16.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 155.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°05



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INFERIOR N°04

$$F_{ult} = 4380 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 8.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm2
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	4380	Kg/cm2
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.50	cm
A = Area de la muestra (cm2)	56.75	cm2

σ_{ult}	=	8.00	Mpa
----------------	---	------	-----

Ilustración 156.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INFERIOR N°03

$$F_{ult} = 6940 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 11.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	6940	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	9.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	63.62	cm ²

σ_{ult}	=	11.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 157.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INFERIOR N°02

$$F_{ult} = 4800 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 12.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	4800	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	7.00	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	38.48	cm ²

σ_{ult}	=	12.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 158.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la compresión)

CULMO INFERIOR N°01

$$F_{ult} = 5950 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 10.00 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	5950	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	56.75	cm ²

σ_{ult}	=	10.00	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 159.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Compresión Culmo Inferior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesistas : Jose Manuel Garcia Gonzales
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : "Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024
Norma : ISO 22157-1, ISO 22157-2
Título : **Métodos de muestreo y ensayo** de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a flexión)
Nota : La Normativa indica que el resultado Esfuerzo ultimo a tracción promedio debe estar expresado y aproximado con una exactitud de 1 Mpa.

Muestra N°	Descripción de la probeta	Area de la muestra (cm ²)	Carga de Rotura (Kg.F)	Esfuerzo ult. a flexion (Kg/cm2)	Esfuerzo Ult. a Flexion (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Flexion Promedio por Culmos (Mpa)	Esfuerzo Ult. a Flexion total (Mpa)
01	CULMO INFERIOR 01	50.27	330.00	58.1046	6.00	9.00	7.00
02	CULMO INFERIOR 02	33.18	380.00	115.4092	11.00		
03	CULMO INFERIOR 03	44.18	440.00	91.5401	9.00		
04	CULMO INFERIOR 04	38.48	370.00	92.2431	9.00		
05	CULMO INTERMEDIO 01	44.18	340.00	70.7355	7.00	6.00	
06	CULMO INTERMEDIO 02	50.27	440.00	77.4728	8.00		
07	CULMO INTERMEDIO 03	50.27	200.00	35.2149	3.00		
08	CULMO INTERMEDIO 04	50.27	330.00	58.1046	6.00		
09	CULMO SUPERIOR 01	50.27	330.00	58.1046	6.00	5.00	
10	CULMO SUPERIOR 02	56.75	320.00	48.2678	5.00		
11	CULMO SUPERIOR 03	50.27	270.00	47.5401	5.00		
12	CULMO SUPERIOR 04	56.75	270.00	40.7259	4.00		

Ilustración 160.- Informe de Resultados de Ensayo a Flexión



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



ESFUERZOS ADMISIBLES A FLEXION							
ITEM	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	58.10	6.00	50.00	5.00	150.00	15.00
2	CULMO INFERIOR 02	115.41	11.00	50.00	5.00	150.00	15.00
3	CULMO INFERIOR 03	91.54	9.00	50.00	5.00	150.00	15.00
4	CULMO INFERIOR 04	92.24	9.00	50.00	5.00	150.00	15.00
5	CULMO INTERMEDIO 01	70.74	7.00	50.00	5.00	150.00	15.00
6	CULMO INTERMEDIO 02	77.47	8.00	50.00	5.00	150.00	15.00
7	CULMO INTERMEDIO 03	35.21	3.00	50.00	5.00	150.00	15.00
8	CULMO INTERMEDIO 04	58.10	6.00	50.00	5.00	150.00	15.00
9	CULMO SUPERIOR 01	58.10	6.00	50.00	5.00	150.00	15.00
10	CULMO SUPERIOR 02	48.27	5.00	50.00	5.00	150.00	15.00
11	CULMO SUPERIOR 03	47.54	5.00	50.00	5.00	150.00	15.00
12	CULMO SUPERIOR 04	40.73	4.00	50.00	5.00	150.00	15.00

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	9.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INTERMEDIO =	6.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO SUPERIOR =	5.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	7.00	Mpa

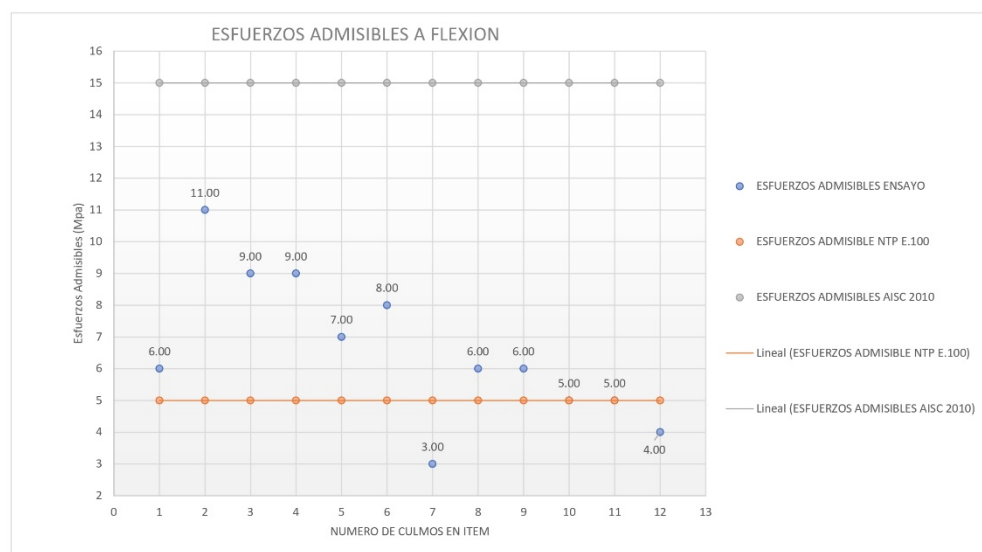


Ilustración 161.- Esquema Comparativo de Resultados a Flexión con Normativa



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO SUPERIOR N° 4

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * I_B * Z}$$

$$F_{ult} = 270.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 4.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	270.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.50	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	56.75	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	211.3212	cm ⁴

σ_{ult}	=	40.73	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	4.00	Mpa



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO SUPERIOR N° 3

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 270.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 5.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	270.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	170.3823	cm ⁴

σ_{ult}	=	47.54	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	5.00	Mpa



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO SUPERIOR N° 2

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{2}{I_B}}$$

$$F_{ult} = 320.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 5.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	320.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.50	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	56.75	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	211.3212	cm ⁴

σ_{ult}	=	48.27	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	5.00	Mpa

Ilustración 164.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°02



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO SUPERIOR N° 1

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{2}{I_B}}$$

$$F_{ult} = 330.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 6.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	330.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	170.3823	cm ⁴

σ_{ult}	=	58.10	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	6.00	Mpa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INTERMEDIO N° 4

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 330.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 6.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	330.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	170.3823	cm ⁴

σ_{ult}	=	58.10	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	6.00	Mpa

Ilustración 166.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Superior N°04



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INTERMEDIO N° 3

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 200.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 3.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	200.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	170.3823	cm ⁴

σ_{ult}	=	35.21	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	3.00	Mpa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INTERMEDIO N° 2

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 440.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 8.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	440.00	Kg/cm ²
D_e = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	170.3823	cm ⁴

σ_{ult}	=	77.47	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	8.00	Mpa

Ilustración 168.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Intermedio N°02



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INTERMEDIO N° 1

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 340.00 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 7.00 \text{ Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	340.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	7.50	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	44.18	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	135.1867	cm ⁴

σ_{ult}	=	70.74	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	7.00	Mpa



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INFERIOR 04

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 370.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 9.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	370.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	7.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	38.48	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	105.2924	cm ⁴

σ_{ult}	=	92.24	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	9.00	Mpa

Ilustración 170.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°04



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INFERIOR 03

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * I_B * Z}$$

$$F_{ult} = 440.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 9.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	440.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	7.50	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	44.18	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	135.1867	cm ⁴

σ_{ult}	=	91.54	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	9.00	Mpa

Ilustración 171.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°03



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INFERIOR 02

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 380.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 11.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	380.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	6.50	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	33.18	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	80.2579	cm ⁴

σ_{ult}	=	115.41	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	11.00	Mpa

Ilustración 172.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°02



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la flexión)

CULMO INFERIOR N° 1

$$I_B = \frac{\pi}{64} * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F * L * D}{4 * \frac{L}{2} * I_B}$$

$$F_{ult} = 330.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 6.00 \quad \text{Mpa}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	330.00	Kg/cm ²
De = Diámetro promedio exterior (cm)	8.00	cm
t = Espesor (cm)	1.50	cm
A = Area de la muestra (cm ²)	50.27	cm ²
L = Luz maxima separacion entre apoyos (cm)	30.00	cm
I_B = Inercia	170.3823	cm ⁴

σ_{ult}	=	58.10	Kg/cm ²
σ_{ult}	=	6.00	Mpa

Ilustración 173.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Flexión Culmo Inferior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesistas : Jose Manuel Garcia Gonzales
Atención : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Proyecto : "Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes peatonales"
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.
Fecha : Chiclayo, 04 de Marzo del 2024
Norma : ISO 22157-1, ISO 22157-2
Título : La Normativa indica que el resultado Esfuerzo ultimo a **tracción** promedio debe estar expresado y aproximado con una exactitud de 1 Mpa.

Muestra N°	Denominación de Espécimen	A = Area seccion transversal (mm ²)	F _{ult} =Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo (Kg.F)	Esfuerzo ult. a Tracción (Mpa)	Esfuerzo ult. a Tracción (Mpa) promedio por culmo	Esfuerzo ult. a Tracción (Mpa) promedio total
01	CULMO INFERIOR 01	255.00	490	18.84	17.00	16.00
02	CULMO INFERIOR 02	246.50	430	17.11		
03	CULMO INFERIOR 03	255.00	410	15.77		
04	CULMO INFERIOR 04	246.50	320	12.73		
05	CULMO INFERIOR 05	255.00	500	19.23		
06	CULMO INTERMEDIO 01	255.00	460	17.69	17.00	
07	CULMO INTERMEDIO 02	255.00	480	18.46		
08	CULMO INTERMEDIO 03	255.00	470	18.08		
09	CULMO INTERMEDIO 04	246.50	280	11.14		
10	CULMO INTERMEDIO 05	255.00	460	17.69		
11	CULMO SUPERIOR 01	255.00	430	16.54	16.00	
12	CULMO SUPERIOR 02	246.50	370	14.72		
13	CULMO SUPERIOR 03	255.00	400	15.38		
14	CULMO SUPERIOR 04	255.00	440	16.92		
15	CULMO SUPERIOR 05	246.50	430	17.11		

Ilustración 174.- Informe Resultados de Ensayos a Tracción



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



ESFUERZOS ADMISIBLES A TRACCION							
MUESTRA N°	MUESTRA	ESFUERZOS ADMISIBLES ENSAYO		ESFUERZOS ADMISIBLE NTP E.100		ESFUERZOS ADMISIBLES AISC 2010	
		kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	CULMO INFERIOR 01	490	18.84	160	16	180	18
2	CULMO INFERIOR 02	430	17.11	160	16	180	18
3	CULMO INFERIOR 03	410	15.77	160	16	180	18
4	CULMO INFERIOR 04	320	12.73	160	16	180	18
5	CULMO INFERIOR 05	500	19.23	160	16	180	18
6	CULMO INTERMEDIO 01	460	17.69	160	16	180	18
7	CULMO INTERMEDIO 02	480	18.46	160	16	180	18
8	CULMO INTERMEDIO 03	470	18.08	160	16	180	18
9	CULMO INTERMEDIO 04	280	11.14	160	16	180	18
10	CULMO INTERMEDIO 05	460	17.69	160	16	180	18
11	CULMO SUPERIOR 01	430	16.54	160	16	180	18
12	CULMO SUPERIOR 02	370	14.72	160	16	180	18
13	CULMO SUPERIOR 03	400	15.38	160	16	180	18
14	CULMO SUPERIOR 04	440	16.92	160	16	180	18
15	CULMO SUPERIOR 05	430	17.11	160	16	180	18

PROMEDIO POR CULMO INFERIOR =	17.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO INTERMEDIO =	17.00	Mpa
PROMEDIO POR CULMO SUPERIOR =	16.00	Mpa
PROMEDIO TOTAL =	16.00	Mpa

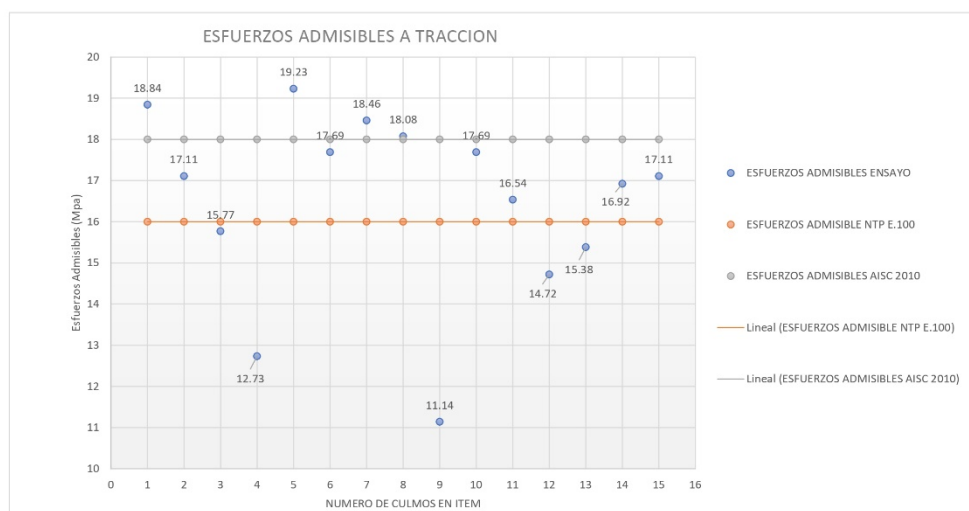


Ilustración 175.- Esquema Comparativo de Resultados a Tracción con Normativa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INFERIOR N°01

$$F_{ult} = 490 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 18.84 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	490	Kg/cm ²
	4805.26	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	18.84	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 176.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INFERIOR N°02

$$F_{ult} = 430 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 17.11 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	430	Kg/cm ²
	4216.86	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	14.50	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	246.5	mm ²

σ_{ult}	=	17.11	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 177.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INFERIOR N°03

$$F_{ult} = 410 \quad \text{Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 15.77 \quad \text{Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	410	Kg/cm ²
	4020.73	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	15.77	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 178.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INFERIOR N°04

$$F_{ult} = 320.00 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 12.73 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	320	Kg/cm ²
	3138.13	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	14.50	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	246.5	mm ²

σ_{ult}	=	12.73	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 179.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INFERIOR N°05

$$F_{ult} = 500 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 19.23 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	500	Kg/cm ²
	4903.33	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	19.23	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 180.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Inferior N°05



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INTERMEDIO N° 1

$$F_{ult} = 460 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 17.69 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	460	Kg/cm ²
	4511.06	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	17.69	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 181.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INTERMEDIO N° 2

$$F_{ult} = 480 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 18.46 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	480	Kg/cm ²
	4707.19	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	18.46	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 182.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INTERMEDIO N° 3

$$F_{ult} = 470 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 18.08 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	470	Kg/cm ²
	4609.13	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	18.08	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 183.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INTERMEDIO N° 4

$$F_{ult} = 280 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 11.14 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	280	Kg/cm ²
	2745.86	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	14.50	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	246.5	mm ²

σ_{ult}	=	11.14	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 184.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO INTERMEDIO N°5

$$F_{ult} = 460 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 17.69 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	460	Kg/cm ²
	4511.06	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	17.69	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 185.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Intermedio N°05



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO SUPERIOR N° 1

$$F_{ult} = 430 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 16.54 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	430	Kg/cm ²
	4216.86	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	16.54	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 186.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO SUPERIOR N°2

$$F_{ult} = 370 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 14.72 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	370	Kg/cm ²
	3628.46	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	14.50	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	246.5	mm ²

σ_{ult}	=	14.72	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 187.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO SUPERIOR N°3

$$F_{ult} = 400 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 15.38 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	400	Kg/cm ²
	3922.66	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	15.38	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 188.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°03



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO SUPERIOR N° 4

$$F_{ult} = 440 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 16.92 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	440	Kg/cm ²
	4314.93	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Sección reducida (mm)	15.00	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	255	mm ²

σ_{ult}	=	16.92	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 189.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a la tracción)

CULMO SUPERIOR N° 5

$$F_{ult} = 430 \text{ Kg.F}$$

$$\sigma_{ult} = 17.11 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

σ_{ult} = Esfuerzo ultimo	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	430	Kg/cm ²
	4216.86	N
a = Ancho sección reducida (mm)	17.00	mm
t = Espesor de Seccion reducida (mm)	14.50	mm
A = Area seccion transversal (mm ²)	246.5	mm ²

σ_{ult}	=	17.11	Mpa
----------------	---	-------	-----

Ilustración 190.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°05



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO SUPERIOR N°04

$$F_{ult} = 450.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 7.39 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	450.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.45	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	60.90	cm ⁴

τ_{ult}	=	7.39	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 191.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°04



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Métodos de muestreo y ensayo de fragmentos de culmos de bambú guadua angustifolia (Ensayo de resistencia a corte)

CULMO SUPERIOR N°03

$$F_{ult} = 510.00 \quad \text{Kg.F}$$

$$\tau_{ult} = 8.10 \quad \text{Mpa}$$

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\Sigma(t * L)}$$

τ_{ult} = Esfuerzo ultimo de corte	MPa	N/mm ²
F_{ult} = Máxima carga aplicada con la máquina de ensayo	510.00	Kg/cm ²
t = Espesor promedio (cm)	1.50	cm
L = Longitud prom. (cm)	10.50	cm
$\Sigma(t*L)$ = Inercia	63.00	cm ⁴

τ_{ult}	=	8.10	Kg/cm ²
τ_{ult}	=	1.00	Mpa

Ilustración 192.- Memoria de Cálculo de Ensayo a Tracción Culmo Superior N°03

Anexo 03.- Protocolo Flexión Ensayo Empírico


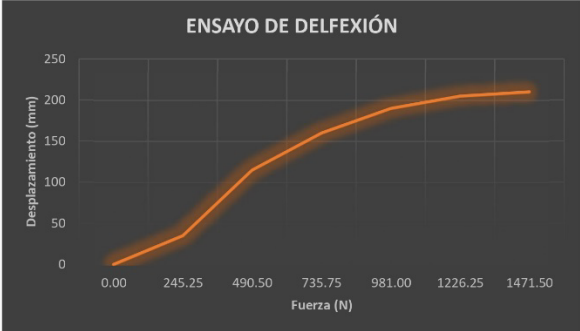
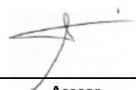
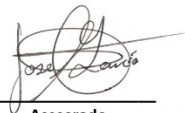
PROTOCOLO DE DEFLEXION					
		SEMINARIO DE TESIS I Aplicación del bambú como material estructural de diseño para la construcción de puentes vehiculares de tránsito liviano para luces cortas			
Alumno : GARCIA GONZALES JOSE MANUEL					
DATOS:					
Longitud bambú :	7.00	metros			
Longitud de Zanja :	6.50	metros			
Diametro promedio:	0.08	metros			
Peso :	5.60	kg			
N° CARGA	Peso (Kg)	Fuerza (N)	Lectura (cm)	δu (cm)	Desplazamiento (mm)
Pi	0.00	0.00	17.00		0
P1	25	245.25	20.50	3.50	35
P2	25	490.50	28.50	8.00	115
P3	25	735.75	33.00	4.50	160
P4	25	981.00	36.00	3.00	190
P5	25	1226.25	37.50	1.50	205
P6	25	1471.50	38.00	0.50	210
P total (kg) = 150.00		1471.50	δu max(cm)= 21.00		
P - 150 kg = 0			17.00	0.000	0.000
RESULTADO:					
					
 _____ Asesor			 _____ Asesorado		

Ilustración 193.- Protocolo a Flexión

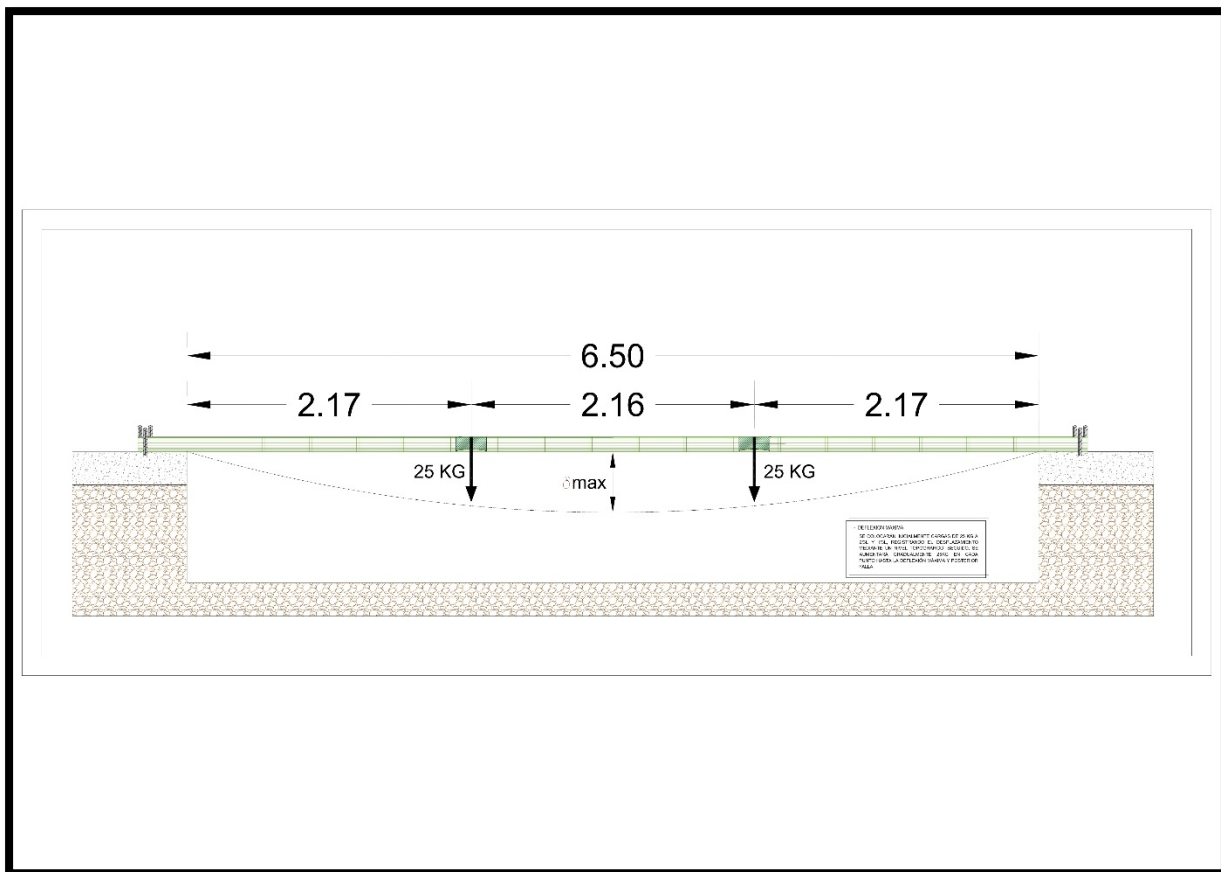


Ilustración 194.- Plano del Ensayo Empírico Protocolo a Flexión

Anexo 04.- Planos Definitivos

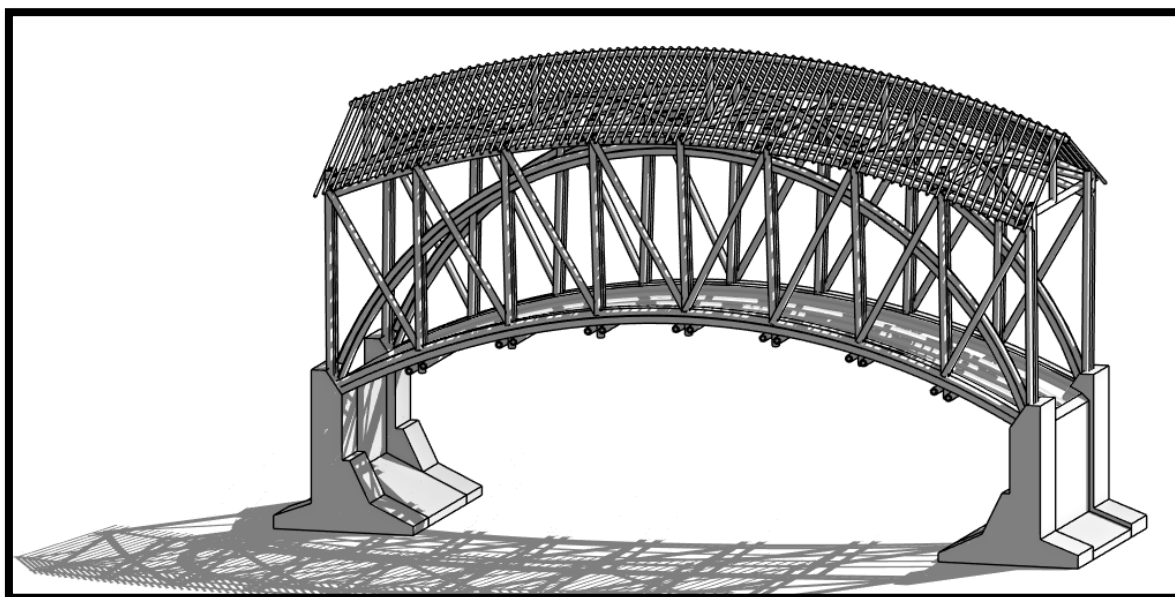


Ilustración 195.- Plano Predimensionamiento - Vista Lateral

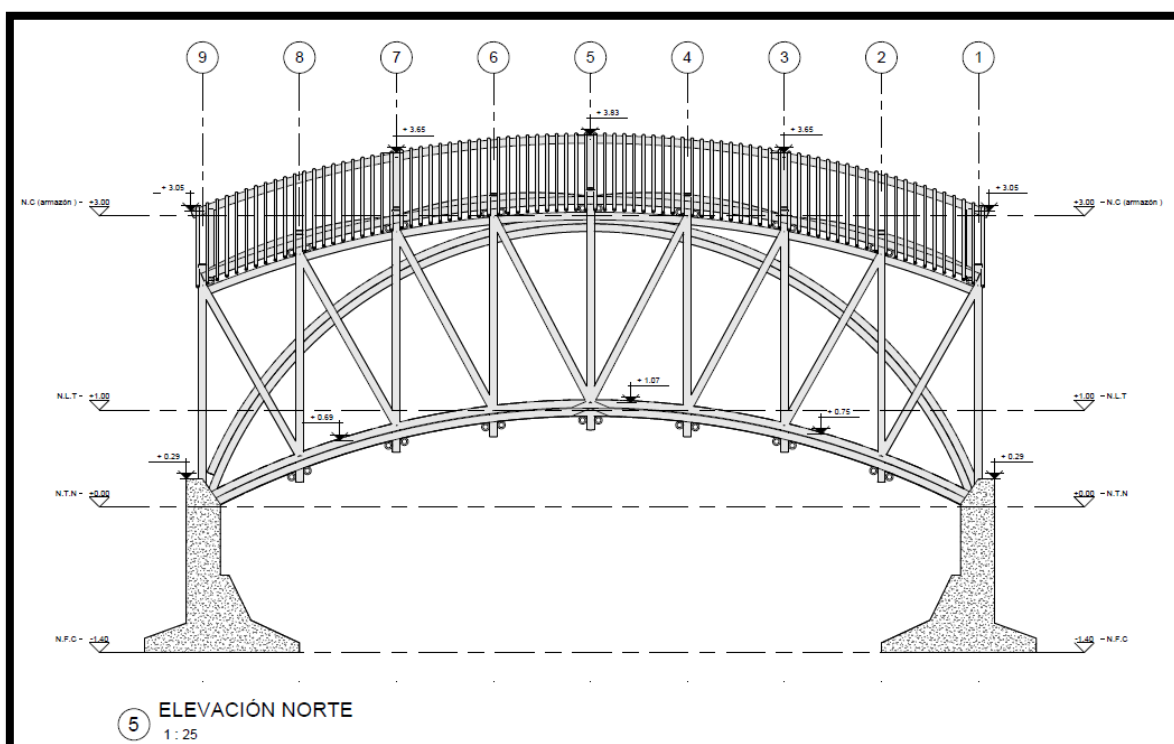


Ilustración 196.- Plano Predimensionamiento - Estructura y Dimensiones

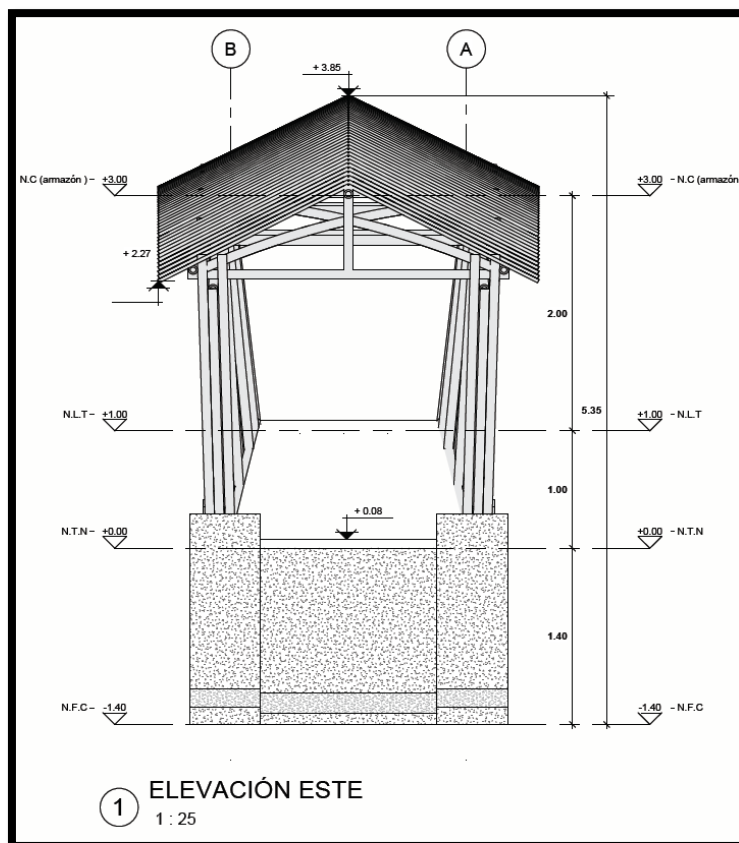


Ilustración 197.- Plano Predimensionamiento - Vista Frontal

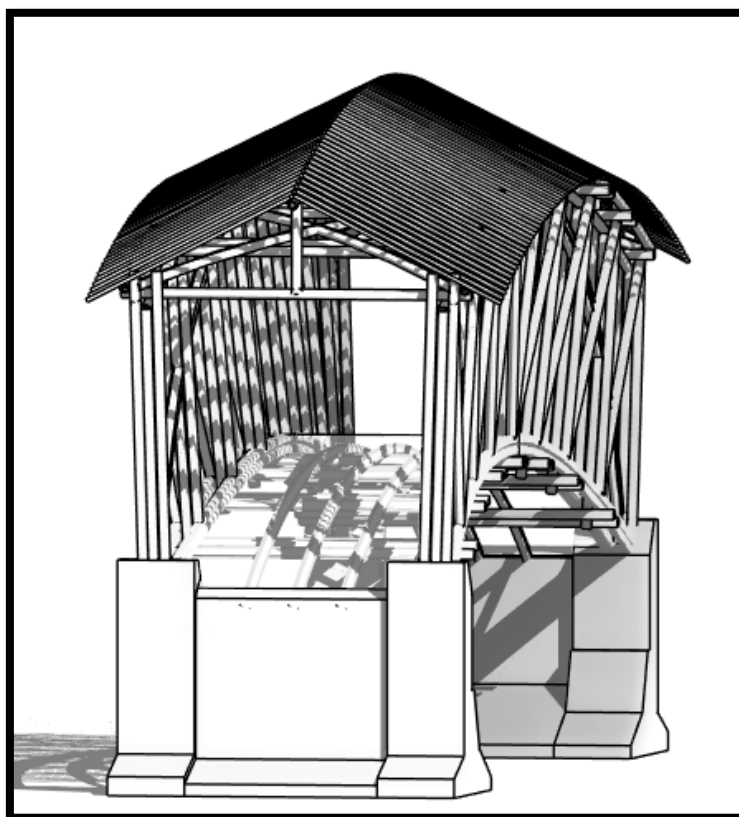


Ilustración 198.- Plano Predimensionamiento – Vista Isométrica 3D

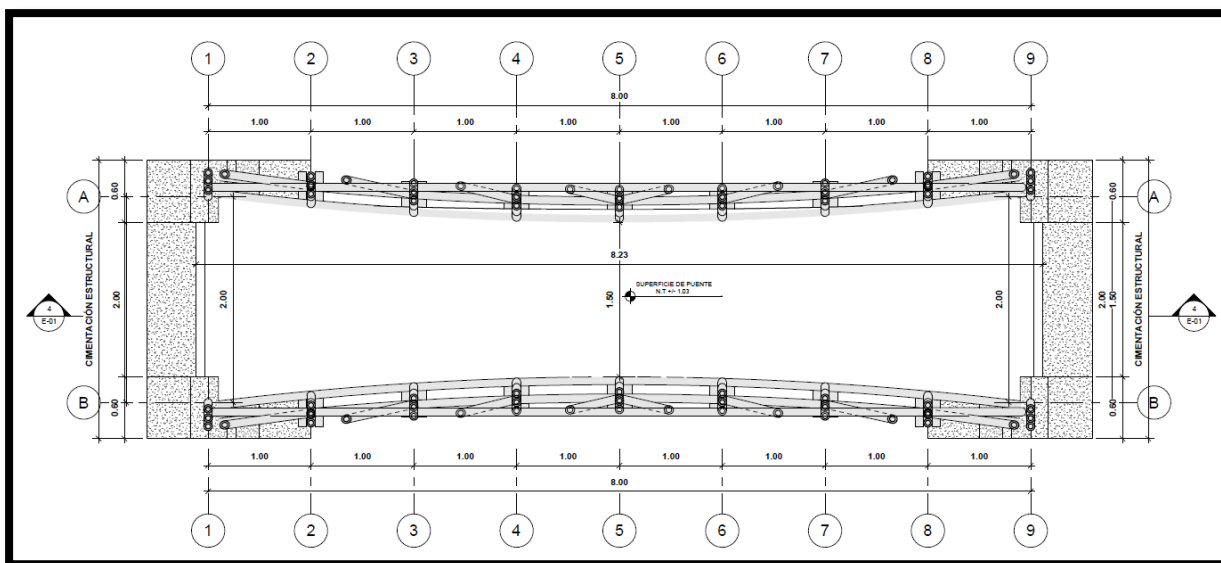


Ilustración 199.- Plano Predimensionamiento - Vista Lateral

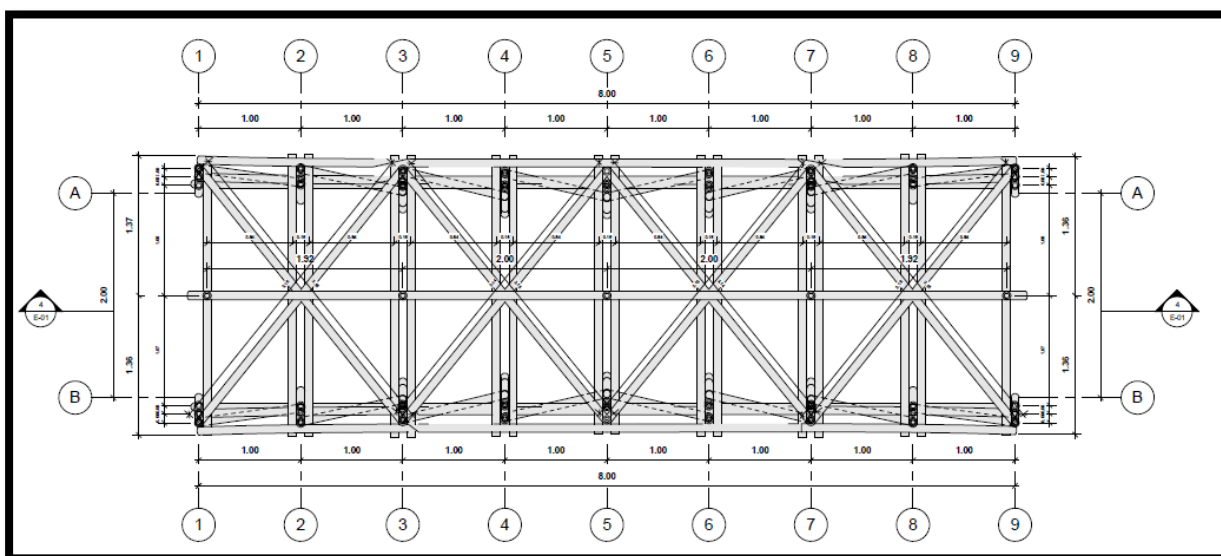


Ilustración 200.- Plano Predimensionamiento - Vista Lateral con cotas

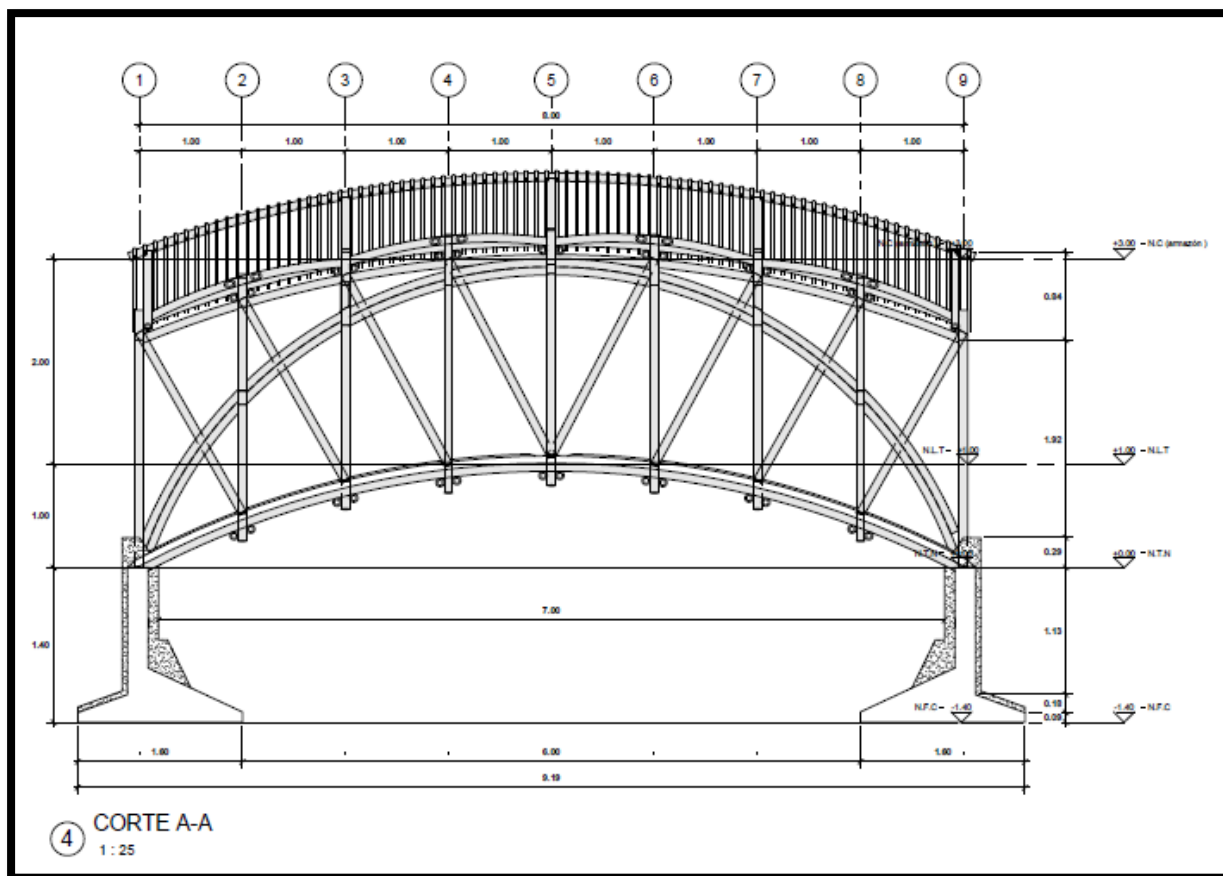


Ilustración 201.- Plano Predimensionamiento - Vista Planta

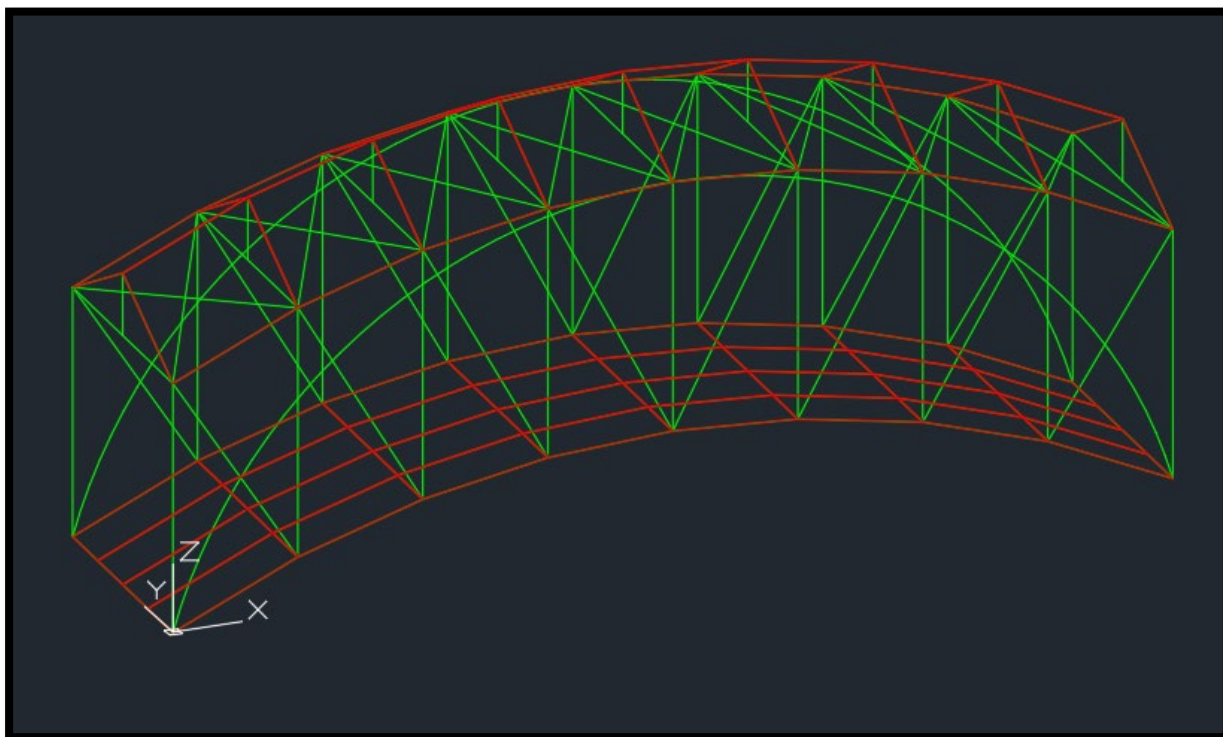


Ilustración 202.- Plano Predimensionamiento AutoCAD 2025 - Estructura en Eje 0,0,0

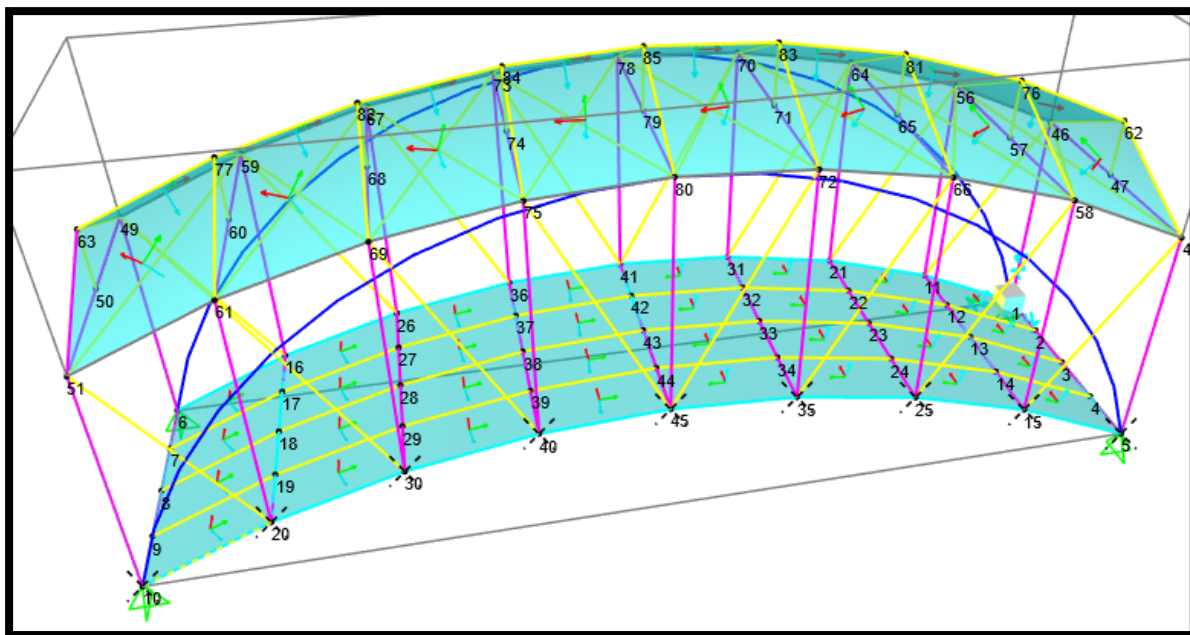


Ilustración 203.- Modelado de Cargas Sap200 - Deformaciones Cargas Vivas y Cargas Muertas

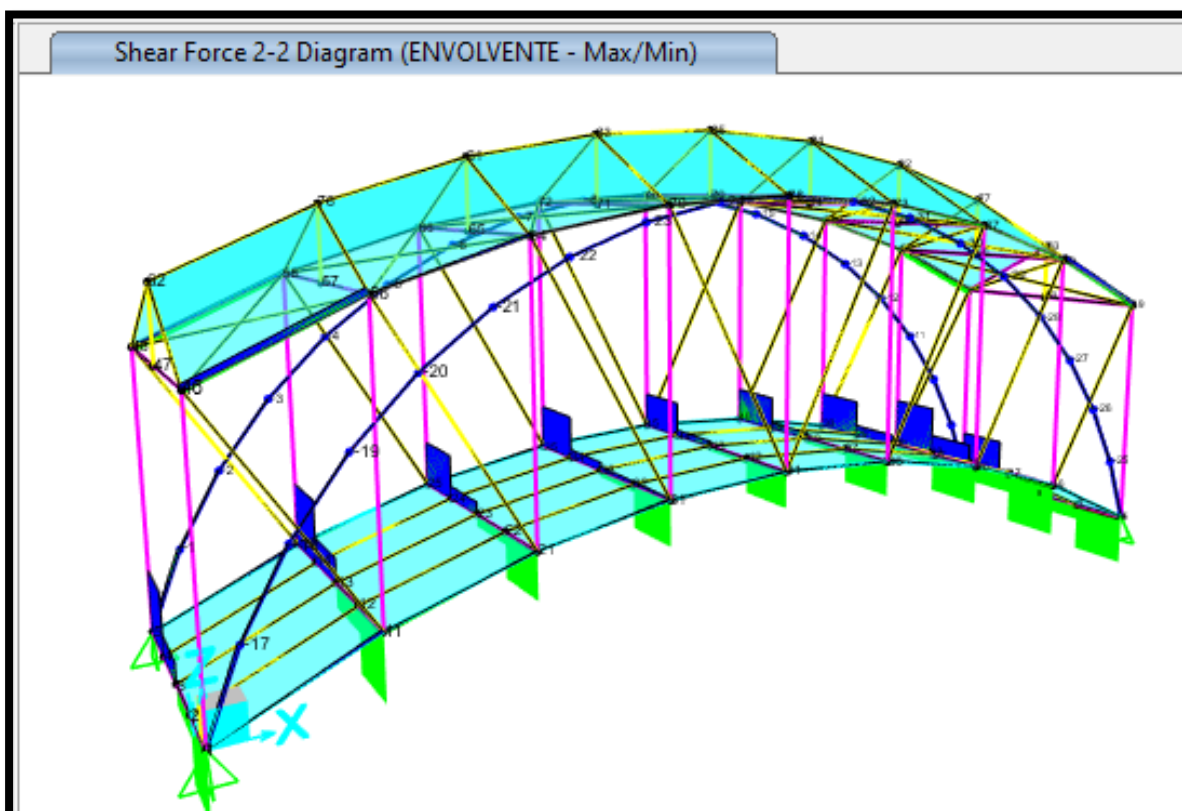


Ilustración 204.- Modelado de Cargas Sap200 - Diagrama de Envoltentes Min/Max

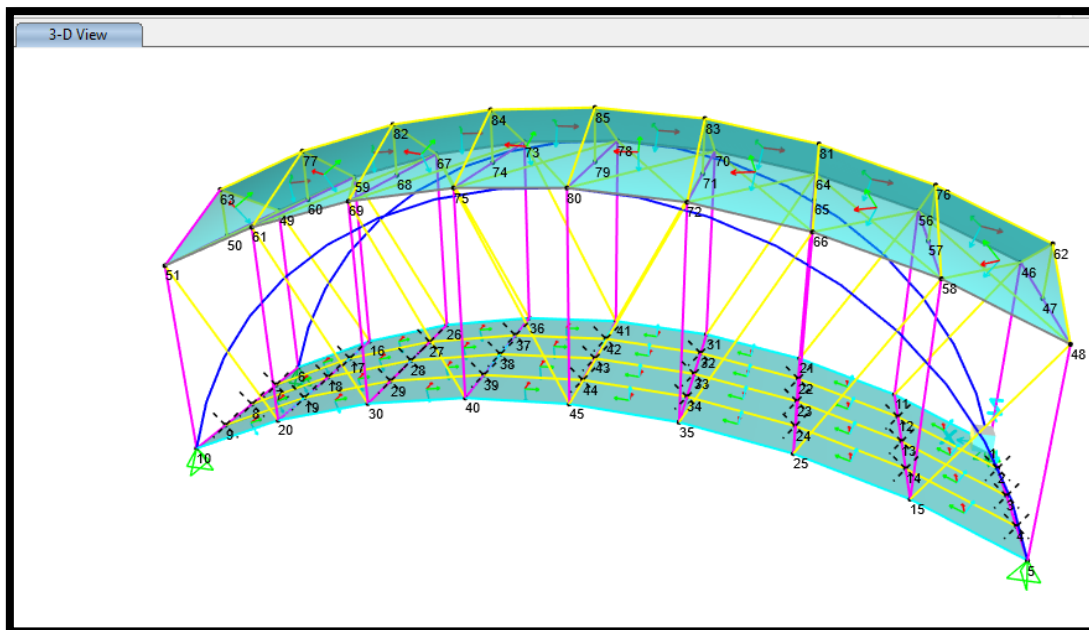


Ilustración 205.- Modelado de Cargas Sap200 - Combinación de Cargas Cargas

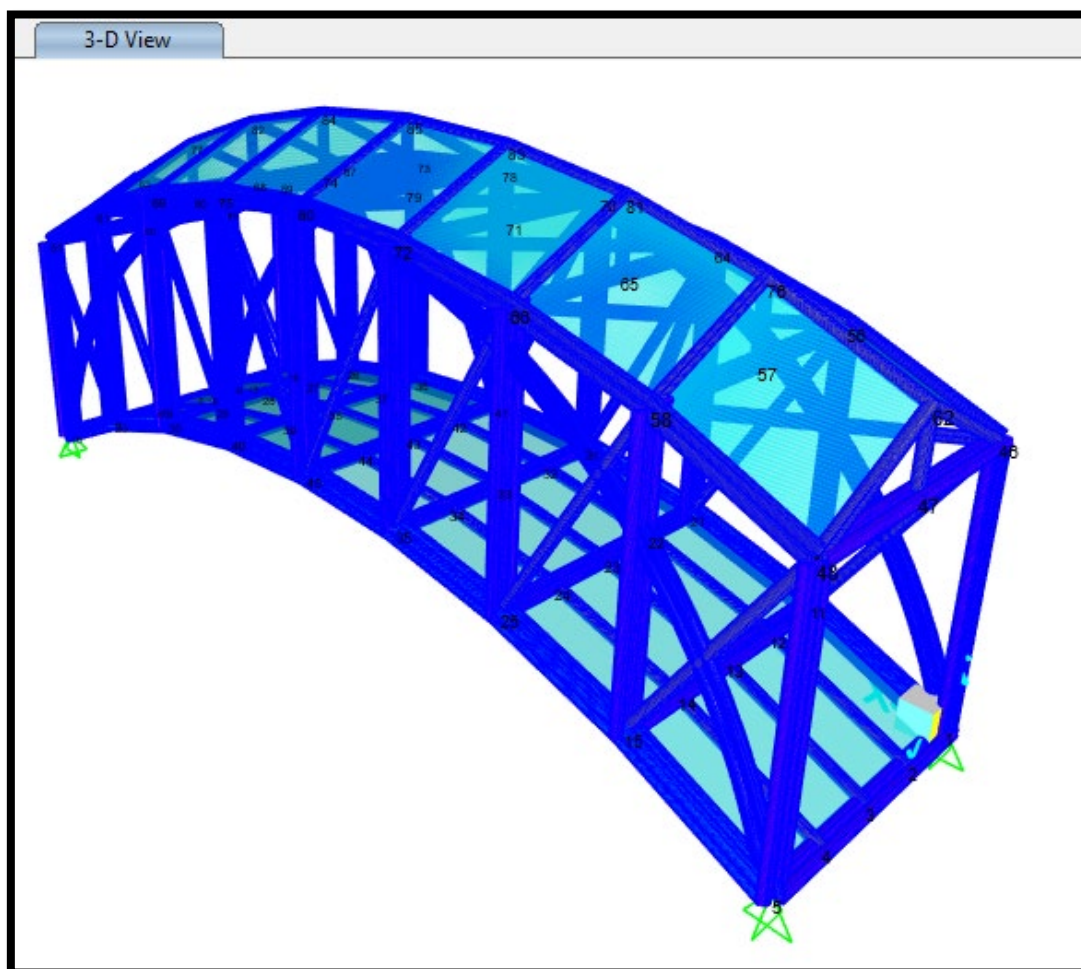


Ilustración 206.- Modelado Final Sap2000