



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE: INGENIERIA CIVIL

TÍTULO:

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE CAÑA GUADÚA DE CARÁCTER SOCIAL, DISEÑADA POR EL C.I.S.P. (COMITÉ INTERNACIONAL DE AYUDA DE LOS PUEBLOS) UBICADAS EN LAS CIUDADES DE MANTA Y QUITO (ECUADOR) ”.

ELABORADO POR:

PEDRO ANTONIO FRANCO VÉLEZ

TUTOR:

ING. ALEXI ÓSCAR MORÁN GUZMÁN

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2020

CERTIFICACIÓN

Ing. Alexi Morán Guzmán en calidad de tutor investigador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo con el total de los créditos designados por los reglamentos internos que se cuantifican en 20 créditos, bajo la modalidad de proyecto de investigación cuyo título lleva por nombre “ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE CAÑA GUADÚA DE CARÁCTER SOCIAL, DISEÑADA POR EL C.I.S.P. (COMITÉ INTERNACIONAL DE AYUDA DE LOS PUEBLOS) UBICADAS EN LAS CIUDADES DE MANTA Y QUITO (ECUADOR) ”., el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos correspondientes a la modalidad mencionada y en apego a los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que la presente investigación reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometidos a evaluación del tribunal que designe las autoridades competentes.

La autoría de la investigación desarrollada corresponde al señor Pedro Antonio Franco Vélez con cédula de ciudadanía N°131573784-9, presentada en el periodo académico 2019, los cuales se encuentran facultados para la sustentación y defensa de trabajo de investigación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, Enero del 2020

Ing. Alexi Morán Guzmán

Docente Tutor Académico.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Se declara que el siguiente trabajo de titulación en modalidad “Proyecto de Investigación” ha sido desarrollado con base al Análisis Estructural de una vivienda de Caña Guadua Angustifolia Kunth en las ciudades de Manta y Quito la cual es de mi autoría. Las concepciones tomadas de diferentes autores se encuentran debidamente citadas respetando los derechos de propiedad intelectual, aplicando las respectivas citas las cuales se incluyen en las referencias bibliográficas. El análisis de resultados y conclusiones expuestas son de exclusiva responsabilidad de los autores.

En consecuente los autores se responsabilizan del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Manta, Enero del 2019

Pedro Antonio Franco Vélez

C.C:131573784-9

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO:

“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE CAÑA GUADÚA DE CARÁCTER SOCIAL, DISEÑADA POR EL C.I.S.P. (COMITÉ INTERNACIONAL DE AYUDA DE LOS PUEBLOS) UBICADAS EN LAS CIUDADES DE MANTA Y QUITO (ECUADOR) ”.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Sometido a consideración del tribunal de revisión y sustentación como requisito a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Ing. Abel Zambrano Mejía

Arq. Simón Baque Solís

Ing. Darío Páez Cornejo

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres Lic. Ana Vélez Montesdeoca e Ing. Javier Franco Chávez que son la base y apoyo incondicional de mi vida en la cual estuvieron presentes durante toda mi etapa universitaria. A mi enamorada Sarahy Saltos que estuvo incentivándome para seguir adelante con la investigación y su infinito cariño.

Mi familia es fuente universal del recorrido de mi vida y son parte legítima de esta investigación en la que se interesaron y me dieron pautas para seguir adelante con las dificultades que se me presentaron en mi recorrido.

Finalmente dedicaré este trabajo a todas las personas que fueron partícipes de los procesos investigativos que tuve que pasar para recopilar la información.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios porque sin él no hubiese sido posible esta investigación.

A mi familia por su infinito apoyo, a mi madre Anita Vélez y a mi enamorada Sarahy que son mi motivación para seguir adelante y que siempre estuvieron presentes.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y en especial a la facultad de ingeniería civil por comprometerse en los periodos académicos de los estudiantes y así preparando a profesionales capaces de realizar construcciones de diferentes tipos.

En este periodo quiero agradecer especialmente a diferentes personas que estuvieron involucradas:

A el Ing. Alexi Morán por ser mi tutor y siempre estar presente en momentos de dudas que me guió y ayudó a solucionar los problemas presentados.

A el Ing. Darío Páez por ayudarme con su conexión de contactos de ingenieros afines al tema.

A la Ing. Paulina Viera y a el Dr. Pablo Caiza que fueron participes de apoyarme y darme consejos respecto a la investigación del laboratorio en la ciudad de Quito y de ayuda con el modelamiento del programa computacional.

A el Ing. Álvaro Ortiz que es proyectista analista de bambú y profesor estructurista de escuela taller de bambú que me aconsejó y enseñó a modelar la estructura de bambú en los programas computacionales.

RESUMEN

La investigación que se presenta a continuación se basa en el estudio del análisis estructural de una vivienda modular de caña guadua *Angustifolia Kunth* (G.A.K.) en dos ciudades diferentes del Ecuador, Manta y Quito. Para evaluar el desempeño de la vivienda se modelaron en programas estructurales conocidos donde se definen las características físico-mecánicas del material, secciones, cargas principales, restricciones, espectros de diseños, etc. Se recaudó información de estudios realizados en laboratorios de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y en la Universidad Central del Ecuador para corroborar algunos valores característicos de la caña guadua, sus esfuerzos admisibles, resistencias, coeficientes de modificación, módulos de elasticidad, según indica la norma NEC-SE-GUADUA registrada oficialmente el 19 de enero del 2017. Una vez modelada la vivienda de manera original en el programa estructural, en la cual se usaron los valores de la norma Ecuatoriana; se comprobó si las derivas de piso eran estables, si las deformaciones no eran excesivas, si los modos de vibración no pasaban los parámetros, si los centros de masa y rigidez no accedían de su longitud; no obstante se tuvo que realizar modificaciones para rigidizar la estructura sin dejar a un lado la originalidad de la estructura de manera geométrica ya existente porque no cumplían los parámetros; se utilizó el mismo diseño de la vivienda para ambos casos de estudios de diferentes ciudades del Ecuador.

Los resultados fueron bastante parecidos respecto a los análisis antes mencionados para las diferentes ciudades; no obstante, es dependientemente variable de acuerdo con las consideraciones que se usen en dimensiones de los culmos, el número de culmos en secciones, consideraciones sísmicas, etc. Se usaron parámetros con consideraciones desfavorables para dar más seguridad a posibles proyectos de mayor envergadura.

ABSTRACT

The investigation is based in the structural analysis studio of modular housing of Guadua Angustifolia Kunth Cane (G.A.K) in two different country coast Manta and highland Quito. To test the role of the housing it was worked in known programs that define the physic- mechanical characters of the material, sections, main charges, restrictions, design spectrums, etc.

The information was obtained of applied studios from the university Laica Eloy Alfaro de Manabí and the Central University of Ecuador to bear out many specifics' values of the Guadua cane. their admissible efforts, resistances, modification coefficients, elasticity modulus were indicated as the law NEC-SEC-GUADUA officially recorded the 19th January 2017. Once a time modeling originally the housing in the computational structural program using the values of the law, was checked if the deformations and floor drifts were steady, if vibration modes could pass and the centers of mass and stiffness access or not from their lengths; however, modifications had to be made to stiffen the structure without leaving aside the originality of the structure in an existing geometric way; the same housing design was used for both cases of studies of different environments of Ecuador.

The results were very similar respecting the analysis before mentioned to the different cities. It is dependently variable according to the considerations used for in dimensions of the culms, the number of columns in sections, seismic considerations, etc. Parameters with unfavorable considerations were used to give more security to larger projects.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	3
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN	17
1. CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE.....	20
1.1. Antecedentes	21
1.2. Vivienda	21
1.3. El Bambú en General	22
1.4. Caña Guadua Angustifolia Kunth (GaK).....	24
1.4.1. Generalidades GaK	24
1.4.1.1. Morfología.....	25
1.4.2. Crecimiento	26
1.4.3. Agentes Patógenos	27
1.4.4. Tipos de pudrición asociados a hongos.....	28
1.4.5. Durabilidad.....	28
1.4.6. Sistema Estructural.....	29
2. CAPITULO II : MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
2. NORMAS.....	32
2.1. NEC-SE-GUADUA	32
2.1.1. Campo de aplicación	32
2.1.2. Selección de culmos	32
2.1.3. Corte de Culmos.....	32
2.1.4. Transporte.....	33
2.1.5. Preservación	33
2.1.6. Secado	33
2.1.7. Almacenamiento.....	34
2.1.8. GaK idónea para la construcción.....	34
2.1.9. Base para el diseño estructural de GaK.....	35
2.1.10. Requisitos de diseño.....	35
2.1.11. Requisitos para la calidad de las estructuras en GaK.....	36
2.1.12. Método de diseño estructural	37
2.1.13. Esfuerzos Admisibles.....	37
2.1.14. Esfuerzos últimos	38
2.1.15. Módulos de Elasticidad	38
2.1.16. Esfuerzos Admisibles.....	38

2.1.17.	Coeficientes de modificación.....	40
2.1.18.	Por duración de la carga (CD).....	40
2.1.19.	Por contenido de humedad (Cm).....	41
2.1.20.	Diseño de elementos sometidos a flexión	44
2.1.21.	Área neta	44
2.1.22.	Deflexiones.....	44
2.1.23.	Flexión.....	46
2.1.24.	Estabilidad lateral y coeficientes de modificación (CL)	47
2.1.25.	Momento resistente	48
2.1.26.	Cortante	49
2.1.27.	Conectores en vigas de sección compuesta.....	50
2.1.28.	Aplastamiento.....	50
2.1.29.	Diseño de elementos solicitados por fuerza axial.....	51
2.1.30.	Longitud efectiva.....	51
2.1.31.	Esbeltez	52
2.1.32.	Clasificación de columnas.....	53
2.1.33.	Esfuerzos máximos	54
2.1.34.	Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial.....	54
2.1.35.	Cimentación y sobrecimiento	56
2.2.	Cargas no sísmicas. (NEC-SE-CG).....	57
2.2.1.	Carga Viva (sobrecarga de uso)	57
2.2.2.	Sobrecarga mínima uniformemente distribuida y concentradas.....	57
2.2.3.	Cargas por viento	58
2.2.4.	Cargas de granizo	60
2.2.5.	Cargas muertas: Pesos de los materiales	60
2.3.	Zonas Sísmicas (NEC-SE-DS).....	61
2.3.1.	Tipos de Suelos.	62
2.3.2.	Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.	64
2.3.3.	Metodología de Diseño	65
2.4.	Estudios de Laboratorio	68
2.4.1.	Estudio de laboratorio Quito	68
2.4.2.	Estudios de laboratorio de la GaK en Manta.....	72
2.5.	Características Físico Mecánicas según la NEC	75
2.5.1.	Esfuerzos Admisibles en la Solicitación	77
2.5.2.	Coeficientes de modificación	77
3.	CAPITULO III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS	79
3.1.	PREDISEÑO SEGÚN LA NEC-SE-GUADUA.....	80
3.1.1.	Geometría y Características.....	80
3.1.2.	Porcentaje de conicidad.....	80
3.1.3.	Inercia.....	80
3.1.4.	Deflexión.....	80
3.1.5.	Por esfuerzos admisibles a flexión	82
3.1.6.	Por esfuerzos cortantes paralelos a las fibras	82
3.1.7.	Aplastamiento.....	83
3.1.8.	Esfuerzos a tensión axial	83

3.1.9.	Longitud Efectiva.....	84
3.1.10.	Esbeltez	84
3.1.11.	Elementos solicitados a flexión con tensión axial.....	85
3.1.12.	Elementos solicitados a flexo-compresión	85
3.2.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA DE GaK	86
3.2.1.	Descripción de la vivienda	86
3.2.2.	Características de la vivienda para el análisis estructural:	87
3.2.3.	Cargas Vivas y Muertas.	88
	Cargas Muertas en Cubierta	88
	Cargas Vivas en Cubierta.....	89
	Cargas por Viento.....	89
	Cálculo de la presión del viento	89
	Cargas de Granizo	90
	Cargas Muertas en Piso	90
	Carga Viva en Piso.....	90
	Sobre Cargas Permanentes en Piso	90
3.2.4.	Diseño de la estructura de GaK en SAP2000.....	91
3.2.5.	Definiciones en SAP2000	92
3.2.5.1.	Definición del Material	92
3.2.5.2.	Definiciones de secciones	93
3.2.5.3.	Definición de las cargas principales (Load Patterns)	94
3.2.5.4.	Definiciones para casos de cargas (Load Cases).....	95
3.2.5.5.	Asignación de cargas, restricciones y limitaciones	97
3.2.6	Análisis del modelo	100
3.3.	Análisis Comparativo.....	102
3.3.1.	Zonas Sísmica	102
3.3.2.	Tipos de Suelos	103
3.3.3.	Coefficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs	103
3.3.5.	Análisis de los resultados.	106
3.4.	Vivienda determinada por el CISP.....	107
3.4.1.	Pre-revisión de derivas.	108
3.4.2.	Pre-revisión de los modos de vibración.	110
3.4.3.	Resultados del Análisis vivienda CISP.	112
3.5.	Reforzamiento del modelo	113
3.5.1.	Revisión de derivas en vivienda reforzada.....	115
3.5.2.	Revisión de modos de vibración en vivienda reforzada.....	117
3.5.3.	Revisión de centros de masa y rigidez	120
	Bibliografía	124

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distribución del bambú en el Mundo	23
Ilustración 2: Culmos de Guadua	26
Ilustración 3:Ciclo de vida.....	27
Ilustración 4: Determinación del diámetro y del espesor real	37
Ilustración 5: Detalle conectores secciones compuestas	50
Ilustración 6: Detalles de conexiones ancladas con varilla de acero	56
Ilustración 7: Zonas Sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Zona Z	61
Ilustración 8: Espectro sísmico elástico de aceleración que representa el sismo de diseño	67
Ilustración 9: Ensayo de tracción con el deformímetro	69
Ilustración 10: Falla de la muestra a tracción.	70
Ilustración 11: Muestra y ensayo a Compresión	70
Ilustración 12: Falla a Compresión.....	71
Ilustración 13: :Colocación muestra para el ensayo de flexión.....	71
Ilustración 14: Ensayo de flexión y deformación de este	72
Ilustración 15: Vista en Planta de la vivienda	87
Ilustración 16: Vista Frontal de la vivienda.....	87
Ilustración 17:Vista lateral derecha, representación de los pórticos	88
Ilustración 18: Cargas en Cubiertas.....	89
Ilustración 19: Vista lateral derecha, representación de los pórticos	91
Ilustración 20: Modelo tridimensional en SAP2000	92
Ilustración 21: Creación del material a usar en el modelo.	93
Ilustración 22:Asignación de Secciones	93
Ilustración 23: Sección de un culmo.....	94
Ilustración 24: Definición de cargas principales	94
Ilustración 25: : Coeficiente de cargas sísmica Ex	95
Ilustración 26: Casos de Cargas “Load Case”	95
Ilustración 27: Coeficientes de Casos de Cargas “EQx”	96
Ilustración 28: Combinaciones de cargas	96
Ilustración 29: Menú asignar cargas de manera uniforme.....	97
Ilustración 30: Menú asignar cargas muerta, viva y sobre carga permanente.....	97

Ilustración 31: Asignación de Restricciones.	98
Ilustración 32: Respuesta Espectral.....	99
Ilustración 33: Liberación de rigidez en momentos	100
Ilustración 34: Correr el Programa	101
Ilustración 35:Selección de combinaciones de cargas.....	101
Ilustración 36: Tablas de Resultados de Desplazamientos.....	102
Ilustración 37:Espectro de Diseño para Manta y Quito.....	103
Ilustración 38 : Fuerzas verticales en cada piso X y Y.....	105
Ilustración 39: Igualdad Geométrica al diseño original.....	107
Ilustración 40: Vista lateral derecha del pre- modelamiento de la vivienda.	107
Ilustración 41: Máxima deriva en sentido X de la vivienda en Manta.	108
Ilustración 42: Máxima deriva en sentido Y de la ciudad de Manta.	108
Ilustración 43: Máxima deriva en sentido x de la vivienda en Quito	109
Ilustración 44: Máxima deriva en sentido Y de la vivienda en Quito.	109
Ilustración 45: Primer modo de vibración de la ciudad de Manta.....	110
Ilustración 46: Primer modo de vibración de la ciudad de Quito	111
Ilustración 47: Incremento de secciones de columnas, Vista en Planta S1=0.51m.....	113
Ilustración 48: Incremento de vigas en centro de abertura para mayor agarre central. S3=6.14m.....	114
Ilustración 49: Vista lateral de culmos articulados para Momento 3-3.	114
Ilustración 50: Máxima deriva en sentido X de la ciudad de Manta.	115
Ilustración 51: Máxima deriva en sentido Y de la ciudad de Manta	115
Ilustración 52: Máxima deriva en el sentido X de la ciudad de Quito	116
Ilustración 53: Máxima deriva en el sentido Y de la ciudad de Quito.	116
Ilustración 54: Primer modo de vibración MANTA	117
Ilustración 55: Segundo modo de vibración MANTA	117
Ilustración 56: Tercer modo de vibración MANTA.....	117
Ilustración 57: Primer modo de vibración QUITO.....	118
Ilustración 58: Segundo modo de vibración QUITO.....	118
Ilustración 59: Tercer modo de vibración QUITO	118
Ilustración 60:Desplazamientos máximos para Combinaciones de Cargas,mm.	120
Ilustración 61:Desplazamiento en punto de apoyo.....	121
Ilustración 62: Desplazamiento en piso S1=0.51m	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Conocidad admisible de la GaK.....	34
Tabla 2: Combinaciones de Carga.....	36
Tabla 3: Esfuerzos Admisibles, F_i (MPa), CH=12%	37
Tabla 4: Esfuerzos últimos, F_u (MPa), CH=12%.....	38
Tabla 5: Modulo de Elasticidad, E_i (MPa), CH=12%.....	38
Tabla 6:Factores de reducción de resistencia	39
Tabla 7: Coeficientes de modificación por duración de carga	40
Tabla 8: Coeficiente de modificación por contenido de humedad	41
Tabla 9: Coeficientes de modificación por temperatura (C_t)	43
Tabla 10: Fórmulas para el cálculo de deflexiones	45
Tabla 11: Deflexiones admisibles δ (mm) NOTA 3.....	45
Tabla 12: Valores de C_c	46
Tabla 13: Cargas w para cálculo de sección y deflexiones	46
Tabla 14: Coeficientes CL para diferentes relaciones d/b.....	47
Tabla 15:Coeficiente de longitud efectiva.....	52
Tabla 16: Clasificación de columnas por esbeltez.....	53
Tabla 17: Sobrecarga de acuerdo con la ocupación	57
Tabla 18: Sobrecarga de uso para cubiertas	57
Tabla 19: Coeficiente de corrección del viento	58
Tabla 20: Factor de forma C_f	59
Tabla 21:Coeficiente de entorno/altura C_e	59
Tabla 22: Peso unitario de los materiales	60
Tabla 23: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	61
Tabla 24: Valor del factor Z (Zona sísmica de Manabí)	62
Tabla 25: Valor del factor Z (Zona sísmica de Pichincha).....	62
Tabla 26: Clasificación de los perfiles del suelo	63
Tabla 27: Tipo de suelo y Factores de Sitio	64
Tabla 28: Tipo de suelo y Factores de Sitio	64
Tabla 29: Tipo de suelo y factores de sitio.....	65
Tabla 30: Datos de resultados de ensayo a compresión	71

Tabla 31: Datos de ensayo a flexión.....	72
Tabla 32: Contenido de Humedad según la zona	75
Tabla 33: Coeficientes de modificación por contenido de humedad para Quito.....	75
Tabla 34: Coeficientes de modificación por contenido de humedad para Manta	76
Tabla 35: Valores modificados de Esfuerzo admisible para Quito, MPa (CH=15.4%).	76
Tabla 36: Valores modificados de Esfuerzo últimos para Quito, MPa (CH=15.4%)	76
Tabla 37: Valores modificados de Módulos de Elasticidad Quito, MPa (CH=15.4%)..	76
Tabla 38: Valores modificados de Esfuerzo admisible para Manta, MPa (CH=16.6%)	76
Tabla 39: Valores modificados de Esfuerzo últimos para Manta, MPa (CH=16.6%) ...	77
Tabla 40: Valores modificados de Módulos de Elasticidad para Manta, MPa (CH=16.6%)	77
Tabla 41: Esfuerzos Admisibles en la sollicitación Manta (MPa).	77
Tabla 42: Esfuerzos Admisibles en la sollicitación Quito (MPa).....	77
Tabla 43: Coeficientes de modificación	77
Tabla 44: Geometría de un Culmo	80
Tabla 45: Deflexión del culmo	81
Tabla 46: Deflexión del Culmo	81
Tabla 47: Cumplimiento según NEC ($f_b \leq F'b$)	82
Tabla 48: Fuerzas cortantes	83
Tabla 49: Esfuerzos Cortantes paralelos a las fibras	83
Tabla 50: Fuerza aplicada, sentido perpendicular a las fibras	83
Tabla 51: Esfuerzo Actuante en compresión perpendicular	83
Tabla 52: Fuerza de tensión axial	84
Tabla 53: Esfuerzo a tensión actuante en MPa.....	84
Tabla 54: Esfuerzo a compresión paralela.....	85
Tabla 55: Elemento sollicitado a flexión con tensión axial.....	85
Tabla 56: Comprobación flexo-compresión	85
Tabla 57: Carga Muerta de la Cubierta	88
Tabla 58: Sobre carga permanente	91
Tabla 59: Equivalencia de fuerzas laterales	105
Tabla 60: Análisis Comparativo de las propiedades mecánicas de la GaK según la NEC y los laboratorios.	106
Tabla 61: Comparativa de derivas	110
Tabla 62: Factores de dirección Modal para la ciudad de Manta.....	110

Tabla 63: Factores de dirección Modal para la ciudad de Quito.	111
Tabla 64: Comparación de los 3 primeros modos de vibración entre ciudad.....	112
Tabla 65: Tabla comparativa de las derivas máxima entre Manta y Quito	116
Tabla 66: Dirección de Factores modales en Manta.....	119
Tabla 67: Dirección de Factores modales en Quito.....	119
Tabla 68: Masa Modal Participativa MANTA	119
Tabla 69: Masa Modal Participativa QUITO	119
Tabla 70: Centro de Masa y rigidez MANTA.....	120
Tabla 71: Centro de Masa y rigidez QUITO	120

INTRODUCCIÓN

La necesidad inminente de las personas de tener un techo en el que puedan refugiarse cómodamente presenta un derecho humano que los gobiernos deben suplir cuando se presentan fenómenos naturales; en estos desastres naturales se debe encontrar una manera efectiva, económica, duradera y rápida por tratar de que los afectados tengan en donde vivir por haber perdido los bienes materiales; no obstante se debe pensar no solamente en un refugio emergente de baja duración sino una vivienda emergente definitiva donde el afectado pueda surgir de nuevo .

Los materiales son un factor importante al momento de construir porque el objetivo principal de una construcción será el bajo costo, ambientalmente sostenible, rápida ejecución y alivianar cargas es por esta razón que las características físico-mecánicas de la Caña Guadua Angustifolia Kunth cumplen con estos parámetros que se buscan en la construcción.

La presente investigación analiza estructuralmente una vivienda compuesta de caña Guadua Angustifolia Kunth en dos ciudades diferentes del Ecuador como es en Manta y Quito; se usó las NEC (Normas Ecuatoriana de la Construcción) en la que se modeló la vivienda en tercera dimensión, usando el programa SAP2000 para poder saber el comportamiento de la vivienda en dos ciudades diferentes del Ecuador.

En la siguiente investigación se dividirá el contenido de lo estudiado en 3 capítulos a continuación una pequeña reseña:

En el Capítulo 1 se dio a conocer un poco la razón de esta investigación, la incidencia y generalidades de la GaK, las características morfológicas, la durabilidad y los agentes patógenos.

En el Capítulo 2 se trataron las normas pertinentes para la construcción, como la NEC-SE-GUADUA, NEC-SE-CG y NEC-SE-DS; también se busco información pertinente de ensayos físico-mecánico de la GaK en laboratorio de las dos ciudades de Manta y Quito.

Finalmente, en el Capítulo 3 se realizó un pre-dimensionamiento de la GaK, se generó en el programa estructural un modelamiento en 3D en la cual se realizaron todas las asignaciones pertinentes para el análisis estructural y se obtuvieron resultados .

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente existen diferentes tipos de materiales para la construcción, pero no todos esos materiales generan un aspecto positivo al ambiente y resultan ser más costosos por la seguridad que te pueden brindar; no obstante, existen formas de realizar una buena construcción con materiales amigables con el medio ambiente como es el caso de la caña Guadua Angustifolia Kunth (GaK). Este material permite un proceso constructivo rápido, sustentable, y económico.

La necesidad de conocer el comportamiento de una vivienda hecha de caña GaK ante eventos naturales que se puedan presentar en dos ciudades diferentes del Ecuador como son Quito y Manta, hace al autor investigar al respecto dirigiéndose efectivamente a las normas ecuatoriana de la construcción (NEC) en la que cuenta con un apartado acerca de la Guadua Angustifolia Kunth (NEC-SE-GUADUA).

Se planteó realizar el estudio del comportamiento con base a normativas, investigaciones académicas de los cantones y modelamiento en un programa estructural establecido y conocido.

JUSTIFICACIÓN

Para construir con materiales convencionales como el hormigón y el acero se consume mucha energía trabajable desde la obtención de la materia prima, su proceso de producción en la cual se contamina bastante al ambiente por la emisión del Dióxido de carbono para obtener el hierro, la explotación excesiva de materiales pétreos, entre otros; es por lo que se busca investigar acerca de otros materiales amigables con el medio ambiente de fácil manejo trabajable y sustentable.

La manera en la que se construye en el Ecuador es bastante empírica y se esquematiza muchas ideologías de la construcción en la que se debe cambiar y renovar; no solamente de parte de las personas que construyen sino también de los usuarios. Para eso es necesario empezar a realizar construcciones de manera técnica, segura y fundamentadas.

Lo mejor que podemos hacer las personas que están relacionadas con la construcción es buscar materiales que no afecten al medio ambiente, la economía y la sustentabilidad del material en volver a generarse, es por eso por lo que se trata de fundamentar conocimientos para generar viviendas que cumplan con las necesidades básicas, confort

y seguridad a las personas, sometiéndolas a pruebas investigativas en laboratorio y análisis estructurales.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar el comportamiento estructural de una vivienda de caña guadua en dos ciudades diferentes del Ecuador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades físico-mecánicas en los dos ambientes naturales diferentes de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Interpretar los resultados de las propiedades con sustentabilidad en ensayos realizados en los dos ambientes naturales del Ecuador.
- Realizar modelamiento estructural a partir de los estudios de las características físico-mecánicas de la NEC
- Realizar comparaciones de los resultados del análisis estructural de la vivienda de GaK .

HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Mediante los modelamientos de los programas estructurales se logra conocer el comportamiento de la vivienda de caña guadua para dos lugares diferentes Manta y Quito.

1. CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE

1.1. Antecedentes

El autor quiere dar a conocer que desde tiempos antiguos el ser humano ha tenido la necesidad de protegerse y de tener un hogar en la cual refugiarse de factores climáticos, una casa segura que soporte sismos e incluso desastres producidos por el ser humano. Esta misma ideología se ha mantenido en el tiempo a pesar de que hayan transcurrido muchos años y del crecimiento de la tecnología.

En Ecuador se construye con diferentes tipos de materiales y diferentes métodos tales como el hormigón, acero, perfiles metálicos, madera, aluminio, etc. Cada vez el sector de la construcción define parámetros para la calidad de las construcciones, diferentes maneras para optimizar la seguridad de las estructuras y por supuesto con costos debidamente moderados.

A lo largo de los años, el Ecuador ha pasado por varios eventos sísmicos que han sido devastadores algunos de ellos llegando a causar daños severos a estructuras de diferentes tipos y con diferentes materiales. Con todo lo que ha sucedido se han tomado nuevos parámetros para buenos análisis, diseños y construcción de las estructuras.

Debido a la contaminación excesiva que la construcción habitual genera (hormigón y acero) se ha tomado nuevas iniciativas de materiales sustentables, amigables con el medio ambiente; se han estudiado materiales ecológicos como lo es la Caña Guadua Angustifolia Kunth (GaK) que ya hace muchos años nuestros ancestros construían sus casas con estos materiales que han durado un buen determinado tiempo pero que ya ahora se le puede dar muchos usos en el ámbito de la construcción, utilerías, etc.

Las construcciones que han resistido bastante tiempo durante su vida útil a eventos naturales como sismos y vientos fueron las que estuvieron construidas con Bambú por que han demostrado ser un material flexible debido a sus fibras resistentes.

1.2. Vivienda

En definición de vivienda es un lugar donde te sientes cómodo , seguro, es cerrado y con techo para protección del clima donde pueden habitar un grupo de personas que conviven en sociedad. Es un derecho poder gozar de una vivienda digna para cada una de las personas, no obstante, muchas no cuentan con los recursos necesarios para alquilar y mucho menos para comprar y preparar una vivienda, es por eso que muchos proyectos de ayuda humanitaria son de construcción de viviendas sociales. (Merino, 2015)

Las viviendas de carácter social deben tener características particulares para cumplir con las necesidades sociales de un sector; es decir que tiene que ser útil , tener servicios básicos, segura y cómoda. Es importante considerar los aspectos climatológicos del sector, para que las viviendas tengan sentido de armonía con el entorno y sus habitantes; en caso de haber fuertes lluvias y si el sector donde es vulnerables a inundaciones se procura construir viviendas elevadas con un sistema de retención o drenaje de aguas; en caso de tener oleadas de calor se procura tener un buen sistema de ventilación y de resistencia de los materiales a temperaturas variantes.

Una casa de carácter social debe tener 40 m² en adelante con el único objetivo que posea los espacios necesarios mínimos para una calidad de vida buena.

La expresión vivienda social se basa en la construcción de varias casas para personas con bajos recursos económicos que puede entregar el estado o algunas organizaciones no gubernamentales de ayuda humanitaria. Una casa de interés social también puede ser adquirida por persona o familia donde se les den facilidades de pago a largo plazo.

Una vivienda de carácter social no es una vivienda emergente, es decir que cuenta con las características para ser una casa duradera y estable que cumpla las funciones de vivienda definitiva más no únicamente de suplir necesidades inmediatas.

Cuando hay una catástrofe o algún acontecimiento natural donde una persona o un grupo de personas fueron afectadas directa o indirectamente, el Gobierno debe asistir inmediatamente en esa situación y en caso de no contar con recursos, interviene algún tipo de Organización para dar solución al problema. (Julián Pérez Porto, 2017)

1.3. El Bambú en General

El bambú se origina en Asia, principalmente en China e India, donde crece naturalmente. Hoy en día se han encontrado en diversos lugares del mundo especialmente en África, América y Australia. Se utilizó el bambú como materia prima del papel y posteriormente se descubrieron muchos otros beneficios y así se pudieron construir diversos productos y elementos de éste. (INBAR, 2017)

A nivel mundial se conocen más de 1600 especies de bambú. El bambú tiene la capacidad de adaptarse a climas tropicales y en climas templados y de bajas temperaturas.

En el mundo se ha dividido la cantidad existente de plantaciones de bambú de la siguiente manera: 67% en Asia y Oceanía; 30% en América; 3% en África. (Gandara, 2012)

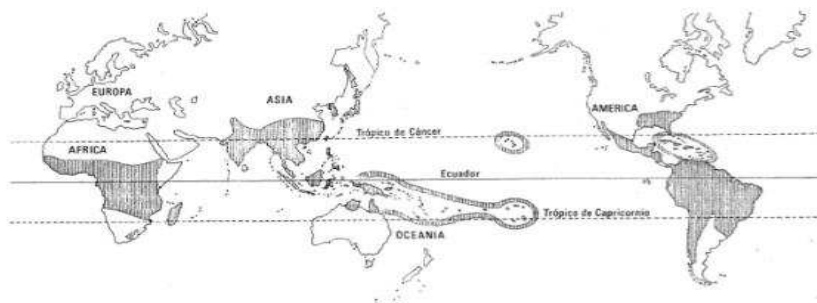


Ilustración 1: Distribución del bambú en el Mundo

Fuente: El Bambú, Estudio del Mercado Mundial

Se pensaba que en el continente asiático nacía la utilización del bambú, no obstante se descubrieron que en países latinoamericanos como Colombia, Ecuador y otros han realizado su desarrollo humano a través del bambú y construcciones. (Cruz Ríos, 2009)

China logró obtener grandes beneficios y vio el potencial del bambú a tal punto que se hizo una sociedad de artesanos en vías de industrializar elementos hechos de bambú como su material principal. Comenzaron a producir alimentos, refrescos, papel, carbón, mobiliarios y otros 1048 usos diferentes que se obtenían del bambú. (Cruz Ríos, 2009)

Los bosques de bambú tienen la característica de ser una planta de rápido crecimiento y de renovación siempre y cuando tengan el cuidado pertinente, es decir que sus raíces tienen la capacidad de generar nuevos culmos, siempre y cuando se coseche cuando el bambú cuando el culmo haya alcanzado la madurez. Las raíces extendidas en el suelo, ayuda a desarrollar la firmeza, aportan materia orgánica al ecosistema y absorben agua y dióxido de carbono.

Los productos obtenidos con el bambú no se desperdician al 100%, se pueden volver a generar otros materiales o productos a partir de ese desperdicio o reutilización, es decir el bambú es renovable.

En la rama de la construcción se ha usado el bambú para diferentes tipos de elementos y construcciones desde andamios, puntales, columnas, vigas, muros de contención, pilotes naturales, etc. Esto se debe a las buenas características que tiene el bambú como material estructural para soportar cargas considerables.

Todas estas características del bambú lo han convertido en una planta no maderable y la protagonista del siglo 21 y la especie *Guadua Angustifolia* por sus condiciones únicas de sostenibilidad, rápido crecimiento y gran versatilidad.

1.4.Caña *Guadua Angustifolia* Kunth (GaK)

1.4.1. Generalidades GaK

Conocida por ser parte de la familia Poaceae y subfamilia de las gramíneas Bambusoideae “bambú” y existieron desde la época precolombina, aproximadamente desde 1492 el 12 de octubre. La GaK fue recolectada y estudiada recién en 1783 por la Real Expedición Botánica y en 1806 por Humboldt, fue Carl Sigismund Kunth, botánico alemán que en 1822 hizo profundos estudios analíticos del bambú del continente americano. En Ecuador y Colombia se emplea “guadua” como un vocablo indígena de comunidades nativas del sector que significa “hoja angosta” en la cual se creó así la *Guadua Angustifolia* Kunth. (Mayte Lissette Mercado Cevallos, 2015)

Normalmente la guadua crece en lugares subtropicales que van desde los 0 has los 1800 metros sobre el nivel del mar con precipitaciones entre 1200 y 2500 milímetros anuales, temperaturas entre los 18° y 25° centígrados y humedad relativa superior al 70% a derivas de los ríos. Tienen la capacidad de adaptación a condiciones extremas, diferentes a lo ya antes mencionado; excepto a sequias prolongadas. Para su desarrollo y buen crecimiento los suelos deben proveer materia orgánica con diferentes tipos de suelo como el arenoso, areno-limoso, arcilloso y franco-limoso.

El método más efectivo para la reproducción de la *Guadua* es por el Chusquin o sección delgada del tallo en la cual proviene una yema basal del rizoma que son de 10 a 30 centímetros en la cual se siembran dejando 5 metros de distancia entre plantas para las manchas de caña o guaduales. (Ing.Luis Fernando Botero Cortés, 2019)

El tallo puede alcanzar hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro; crece a riveras de los ríos. La *Guadua* tiene la capacidad de absorber bastantes cantidades de agua según su altura y diámetro, crece aproximadamente 11 cm por día y en 6 meses pueden alcanzar su altura promedio (18 a 30 metros), la edad madura la llega a tener después de 4 a 5 años de haber crecido su altura normal (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Forma parte de una especie no maderable pero que es un excelente recurso que puede servir mejor que la madera en muchos aspectos, porque es sostenible y autorrenovable; es decir que el crecimiento es rápido, versátil, liviano, flexible, resistente y de fácil manejo. (Aristizabal, 2016)

1.4.1.1.Morfología

La morfología en biología es la ciencia que estudia la forma de los seres vivos y su evolución, por ende, en la caña GaK está constituido morfológicamente por:

- **Raíz o Rizoma:** Sirve como soporte de la planta y transporta los nutrientes a toda la planta, es un eje segmentado típicamente subterráneo que constituye una estructura para adventicias. El cuello del rizoma es la parte más fuerte y gruesa de la planta, las raíces adventicias son abundantes y son las encargadas en absorber de la tierra la humedad, pueden llegar a penetrar hasta más de 3 metros de profundidad. (Vélez, 2010)
- **Culmo o Tallo:** También conocido como “cogollo” o “espolón” es el eje aéreo segmentado que nace del rizoma, consta de tres partes, cuello, nudos y entrenudos. El cuello es la unión entre el rizoma y el culmo. Los nudos son los puntos de unión de los entrenudos. Los entrenudos son dos nudos y se caracterizan por ser huecos. Normalmente un culmo puede alcanzar alturas entre 15 y 30 metros de altura, lo hace a partir de los 6 meses de crecer. El culmo a medida que va creciendo y con el pasar de los años se le diferencia por el cambio de color; cuando tiene un color verde intenso y blancos los nudos quiere decir que tiene menos de 4 años, cuando el verde intenso y el blanco de los nudos se opacan y se vuelve todo el culmo de color más amarillento quiere decir que tiene entre 4 a 5 años.(INBAR)



Ilustración 2: Culmos de Guadua

Fuente: (Palakas, 2019)

- Yemas: Están presentes en el tallo, en las ramas y en los rizomas que favorecen la reproducción y propagación. Puede ser activa o inactiva, de carácter vegetativo o reproductivo. (Asociación Peruana de Bambú, 2018)
- Follaje: La principal fuente de alimentación a la planta, está constituida por vainas, láminas y apéndices. Las hojas de las ramas son lanceoladas alternas y simples, su longitud varía entre 8 y 20 centímetros, su ancho es entre 1.5 y 3.5 cm. Todo el follaje de un guadua puede dar.
- Semilla: La GaK tiene una semilla similar a la del maíz o arroz tiene dimensiones entre 8mm de largo y 3 mm de espesor aproximadamente. (Teneche, 2013)

1.4.2. Crecimiento

Existen 4 fases de crecimiento del bambú desde que nace hasta que fallece :

- Renuevo: El culmo se desarrolla en su primera fase de manera tierna y pequeña en la cual le comienzan a brotar las hojas caulinares para proteger el culmo de los insectos. Al brotar del suelo tienen la particularidad de tener un diámetro por siempre, es decir que con el diámetro que nace, crece y posteriormente forman los entrenudos como acordeón. (Cortés, 2018)
- Verde: Cuando termina el crecimiento de la fase de renuevo se activan las yemas laterales que son las ramas. En esta fase se desprenden las hojas caulinares que deja el tallo

expuesto con un color verde intenso y los nudos blancos; es la etapa donde el tallo tiene altos contenidos de azúcares y almidones. (Cortés, 2018)

- Madura: En esta etapa obtiene mayor resistencia físico-mecánica, se decolora y torna de color amarillo pálido, parecen que fuesen manchas blancas, pero son el indicativo para saber que la caña llegó a su madurez, es decir que tiene más de 3 o 5 años de acuerdo con las condiciones de la ubicación y clima. (Cortés, 2018)
- Seca: Si no se cosecha la GaK, perderá su resistencia y se secará en la cual se secan y tienen a contaminar a otros culmos e impide el crecimiento de otros culmos por falta de agua y nutrientes para su sobrevivencia. (Regalado, 2012)

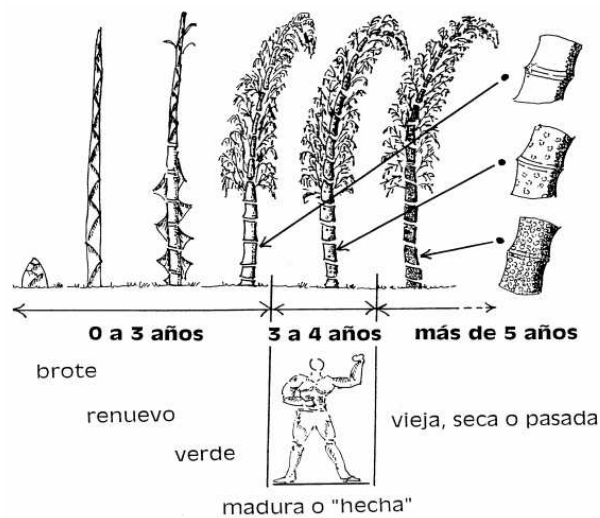


Ilustración 3: Ciclo de vida.

Fuente: Arq. Jorge Morán Ubidia

1.4.3. Agentes Patógenos

La morfología de la caña hace que tenga espacios vacíos entre nudos y convierte ese lugar en un festín para muchos agentes patógenos que se alimentan de la glucosa y el almidón que contienen sus paredes. Para que dichos invasores se desarrollen y ataquen directa o indirectamente a la planta debe haber ciertas condiciones como:

- Debe haber cambios de temperaturas entre 3 y 50°C, habiendo una temperatura externa de 37°C.
- La humedad debe estar entre el 20% y el 140% para que el bambú sea más susceptible a ataques y reproducción de los invasores.
- La fuente de almidones y glucosas debe ser alto para la nutrición de los agentes

- Suficiente cantidad de Oxígeno para que los agentes patógenos puedan sobrevivir y reproducirse.

Los agentes biológicos alteran directamente a la resistencia mecánica los culmos de la Guadua. Hay diferentes tipos de hongos que atacan directamente a la GaK los cuales son:

- Hongos Cromógenos: Se alimentan de células vivas del culmo y el efecto que causa es alteración del color convirtiéndolo en un tono azulado. Se debe considerar un agente de pudrición.
- Hongos de pudrición: Se alimentan de la pared celular del culmo que está directamente relacionado a la resistencia de este, en la cual puede llegar a desintegrar el material porque es un agente de que se alimenta de celulosa o lignina.
- Mohos: estos hongos se caracterizan por dar la apariencia de algodón fino, depende de la humedad y la temperatura del lugar para poder reproducirse. No afecta directamente a la resistencia mecánica de la estructura, pero sí a su estado físico.

Es necesario poder eliminar el agente biológico que este afectando directamente la resistencia a la estructura. Porque pueden aparecer durante la plantación o después del corte. (Walter Mauricio Barreto, 2018).

1.4.4. Tipos de pudrición asociados a hongos

- Pudrición Parda: Es la más grave y es causada por hongos que se alimentan de celulosa, producen agrietamientos, está asociada con el insecto larvarios.
- Pudrición Blanca: Se alimentan de la lignina atacando directamente a la membrana y da un aspecto de color blanco al culmo, altera directamente la resistencia mecánica de la caña GaK.
- Pudrición Blanda: Son hongos inferiores que habitan e invaden la pared interior y es una pudrición que da la apariencia de queso por la humedad excesiva del ambiente.

1.4.5. Durabilidad

Unos de los factores que las personas suponen acerca de la durabilidad de la Caña Guadua es que no dura, no resiste, se pudre, etc. No obstante, si bien el culmo tiene características positivas de duración natural hay maneras de aumentar considerablemente la durabilidad de la GaK. para la construcción y así poder alargar la vida de servicio de la estructura de caña guadua.

Los culmos tienen la propiedad de ser huecos entre nudos y es ahí donde ocurren problemas de contaminación al material por agentes externos naturales dado a sus paredes repletas de agua, minerales y glucosa. Cuando ocurre aquel acontecimiento de invasión de agentes externos el culmo presenta deformaciones en sus diámetros, decoloración en sus paredes y pudrición.

Es importante que la persona que construya con GaK. garantice la durabilidad y tenga en cuenta lo siguiente:

- Su crecimiento adecuado, es decir que su proceso de crecimiento sea en las condiciones óptimas.
- El corte debe ser en el tiempo adecuado y en el momento donde el nivel freático baje para que el culmo no tenga exceso de sabia, de azúcares y almidones.
- Al hacer traslado de los Culmos no debe alterar su estado físico, es decir no debe ser maltratado o golpeado por movimientos bruscos a lo largo del transporte.
- Tratar los culmos para su preservación o inmunización que es uno o varios procesos para mantener su estado físico-mecánico, evitar daños y alargar su vida útil.
- Su secado debe ser correcto, hasta alcanzar un secado parecido al ambiente en el que se encuentre, donde se hará la obra.
- Su almacenamiento, debe estar libre de agentes patógenos, los culmos deben estar bajo sombra y aislado de la humedad del suelo, con ventilación natural.

Gracias a los estudios e investigaciones de la GaK. en los últimos años se creó el apartado de la NEC “Estructuras de Guadua (GaK)” con su Código NEC-SE-GUADÚA; en la cual se lo hizo específicamente para la construcción de viviendas de hasta dos niveles para cargas vivas máximas de 2 kN/m^2 .

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

1.4.6. Sistema Estructural

El conjunto de miembros o ensamble de elementos independientes se considera un elemento estructural el cual conforma un cuerpo de una edificación. La manera en la que se ensamblen los elementos estructurales es fundamental para definir el comportamiento de la estructura. Los elementos no se considerarán como sistemas individuales (columnas y vigas) sino que se tratarán como todo un conjunto, es decir un sistema continuo.

La falla de servicio o falla de rotura es cuando hay deformaciones excesivas ya sean elásticas o permanentes, la falla de rotura o inestabilidad se da cuando hay movimientos o separaciones entre las partes de la estructura, sea por mal ensamblaje o rompimiento del material. (CANDO TIÑE WASHINGTON JAVIER, 2016)

Las estructuras son diseñadas, calculadas o dimensionadas para poder cumplir con una serie de requisitos fundamentales para obtener una construcción eficaz.

- Criterio de Resistencia: Se comprueba que las tensiones máximas no superen las tensiones admisibles del material que está hecho el elemento.
- Criterio de rigidez: Consta de comprobar fuerzas aplicadas, deformadas, desplazamientos máximos y que los elementos no superen los límites admisibles.
- Criterio de estabilidad: Comprueban las desviaciones producidas por fuerzas reales sobre cargas previstas, estas fuerzas no deben ocasionar efectos auto amplificadas que desequilibren la mecánica de la estructura.
- Criterios de funcionalidad: Son condiciones externas que se relacionan con los requisitos y solicitudes que aparecen durante la vida útil o el uso fundamental del elemento estructural. (ALVARADO, 2017)

2. CAPITULO II : MATERIALES Y MÉTODOS

2. NORMAS

2.1. NEC-SE-GUADUA

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en Guadua Angustifolia Kunth tuvo registro oficial con aprobación del MIDUVI el 19 de Enero del 2017 en la que un grupo de entidades investigativas como Universidades, Instituciones, Ministerios, y Fundaciones formaron el apartado para establecer como normas ciertos parámetros para la construcción de viviendas de hasta dos pisos sismo resistentes que van dirigidos a personas en general siempre y cuando sigan correctamente los requerimientos establecidos en la misma. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.1. Campo de aplicación

Dirigida al diseño estructural de edificaciones con Guadua Angustifolia Kunth y otros con características similares. Para el diseño de viviendas, equipamiento en general y estructuras. Las luces de la primera planta mayores a 3m. Dirigidas a profesionales afines a la construcción. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.2. Selección de culmos

Se debe llevar un control de la edad de cada Culmo entre 4 a 6 años en la cual debe de ser de color verde oscuro donde las bandas blancas son apenas perceptibles, aparecen manchas blancas dispersas que indica que ya el Culmo es maduro y útil para la construcción. Los culmos con agujeros producidos por agentes externos serán desechados. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.3. Corte de Culmos

Los culmos son cosechados o cortados en luna cuarto menguante a las primeras horas del día entre las 5 a 9 am. Porque en ese tiempo los niveles de sabia en la planta bajan y disminuye el ataque de los insectos. Los culmos seleccionados deben ser cortados a ras del primer nudo inferior, con fin de que el tocón no acumule agua y se pueda pudrir.

Cuando se tumba el culmo se debe evitar que no se revienta o rompa. Se debe tener una caída segura. Se tiene que cortar las ramas con machete para que no se desgarran las fibras del culmo. Se tomará en cuenta que al arrastrar el culmo no se deterioren los extremos.

Se toma en cuenta los diámetros y los estándares comerciales o técnicas del constructor tanto como longitudes y espesores. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.4. Transporte

El transporte de la GaK. en vehículos de longitud de carga sea igual a la longitud de los culmos de 6m, 9m y 12m. Se evita que sufran golpes de impacto por el vehículo. No se debe exceder la altura de los números de culmos que son trasladados en el vehículo hasta 2m , procurando que el mayor diámetro se coloque en la parte inferior y el menor en el superior. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.5. Preservación

El tratamiento para preservar la GaK. se realiza por medio de la impregnación de sustancias preservantes que deben tener efectividad, tener el menor impacto ambiental y los niveles de toxicidad de menor perjuicio para los seres humanos. Se toman todas las normativas de cada uno de los productos realizados con su debido proceso de aplicación.

Unos de los métodos de preservado de la caña Guadua es por inmersión en la cual se perfora el culmo con una varilla de acero de 12mm en toda la longitud y se introduce en el tanque de preservación donde va la dosis formulada por cada 96 litros de agua se recomienda 2kg de ácido bórico y bórax; el culmo debe estar completamente inmerso.

Se deben extraer los culmos de manera inclinada para que salga el exceso del líquido preservante antes del secado. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.6. Secado

La Guadua es porosa y absorbe la humedad que presenta el ambiente y se debe secar de manera que alcance el contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar. Se debe medir la humedad con un higrómetro. El secado correcto impedirá deformaciones, daños y fisuras del material. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.7. Almacenamiento

Al momento de almacenar el material se debe evitar sufrir daños y se pueden poner de forma vertical u horizontal procurando que el material sea aislado de la humedad del suelo, de los ataques del sol y debe estar con ventilación. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.8. GaK idónea para la construcción.

La caña guadua se utiliza como forma de columna, viga, viguetas, pie derecho, entramados, entrepisos, entre otros; cualquier tipo de estos elementos estructurales debe cumplir con algunos aspectos que aseguren la calidad de estos.

El culmo debe tener un contenido de humedad igual o inferior al equilibrio del lugar, estando el material en la obra 15 días antes de la construcción. El culmo debe tener una geometría igual, no debe presentarse deformaciones del eje longitudinal mayor al 0.33% este procedimiento de verificación debe realizarse al menos en cada tercio del culmo.

Debe tener una conicidad moderable permisible y como es un material natural se entiende que la conicidad hace parte de su anatomía, sin embargo, se ponen límites a esta diferencia de diámetros del culmo. Para esta limitante se calcula el porcentaje de conicidad con la siguiente formula:

$$\%conicidad = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100 \quad (\text{Ec.1.})$$

Donde:

%conicidad = Porcentaje de conicidad de la pieza

D₊ = Diámetro mayor (mm).

D₋ = Diámetro menor (mm).

L = Longitud de la pieza de GaK (mm).

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 1: Conicidad admisible de la GaK.

Parte de la G.A.K	CONICIDAD
CEPA	0.17%
BASA	0.33%
SOBREBASA	0.50%

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Si la caña *Guadua Angustifolia Kunth* suele agrietarse naturalmente por diferencia en densidades de sus paredes se debe indicar que la grieta debe estar entre dos nudos, si la grieta pasa al canuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20% del culmo. Se recomienda ser tratados por medio de abrazaderas o zunchos metálicos.

Los culmos de GaK no deben presentar perforaciones causadas por ataques de insectos. No se consideran óptimos los culmos que presenten pudrición por hongos. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.9. Base para el diseño estructural de GaK

Se tomará en cuenta las características de los materiales complementarios como pernos, conectores, soportes y adhesivos, tal como lo recomiendan los fabricantes autorizados técnicamente y se tomará en cuenta todas las medidas de protección de estos materiales contra la humedad, corrosión y cualquier agente que degradaría el estado estructural del material.

Para una vivienda se tomará en cuenta que cada una de las conexiones estén firmes y rígidas, deberá inspeccionar o dirigir la obra una persona capacitada (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.10. Requisitos de diseño.

Se consideran los siguientes requisitos para el diseño de una estructura de GaK.

Los elementos de una estructura de GaK deben ser construidos, diseñados y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignadas presentadas a continuación:

Donde:

D= Carga muerta.

L= Carga viva.

Ex= Carga estática de sismo en sentido x.

Ey= Carga estática de sismo en sentido y.

EQx= Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.

EQy= Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 2: Combinaciones de Carga

1	D	10	D-0.7Ey
2	D+L	11	D+0.75L+0.525EQx
3	D+0.75 L+0.525Ex	12	D+0.75L-0.525EQx
4	D+0.75L-0.525Ex	13	D+0.75L+0.525EQy
5	D+0.75L+0.525Ey	14	D+0.75L-0.525EQy
6	D+0.75L-0.525Ey	15	D+0.7EQx
7	D+0.7Ex	16	D-0.7EQx
8	D-0.7Ex	17	D+0.7EQy
9	D+0.7Ey	18	D-0.7EQy

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Todas las construcciones con Caña Guadua *Angustifolia* Kunth deben tener un sistema estructural que cumpla con los requisitos de resistencia sísmica los cuales se encuentran en la sección 3.2 del capítulo NEC-SE-VIVIENDA. Los pórticos con diagonales en un sistema entramado o de poste y viga, se utiliza el coeficiente de reducción sísmica R igual a 2, con número de pisos igual a dos. El sistema de cubierta no debe pasarse del peso con relación al resto de la estructura.

Se debe dar a conocer todas las posibles cargas actuantes sobre la estructura durante las etapas de construcción, además todas las características para cumplir con las leyes ambientales que puedan generar cambios en las suposiciones de diseño o que pueden afectar la integridad de otros componentes estructurales. Se considerarán imperfección vertical natural de 1.298% de excentricidad natural respecto a la longitud del culmo.

El coeficiente de capacidad de disipación de energía básica para estructuras de Guadua *angustifolia* es R=2.0. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.11. Requisitos para la calidad de las estructuras en GaK

Se debe construir la vivienda con personal capacitado y bajo la dirección de un profesional que conozca los lineamientos normativos correspondientes de principios constructivos con GaK. Tanto los materiales y productos de construcción deben ser usados con responsabilidad y criterio técnico de cada uno. Por ser un material de origen

natural, debe tener un buen mantenimiento preventivo que garantice que los elementos tengan una buena vida útil para que dure el tiempo en la que fue diseñada.

El diámetro real corresponde al promedio de las cuatro mediciones y el espesor real al promedio de las 8 mediciones. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

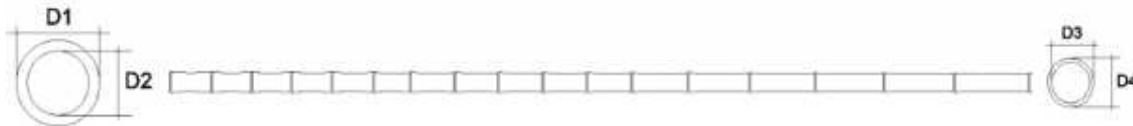


Ilustración 4: Determinación del diámetro y del espesor real

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.12. Método de diseño estructural

Para que una estructura tenga buen desempeño, todos los elementos deben ser diseñados por el método de los esfuerzos admisibles, empleando las cargas especificadas, así como las cargas sísmicas. Las uniones se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los elementos conectados a la unión, salvo si uno de los elementos es continuo; en este caso habrá transmisión en el elemento continuo. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.13. Esfuerzos Admisibles.

Todos los elementos GaK que cumplan con los requisitos establecidos anteriormente en este apartado se acogen para efectos de cálculo los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad que se estipula a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3: Esfuerzos Admisibles, F_i (MPa), $CH=12\%$

Fb Flexión	Ft Tracción	Fc Compresión Paralela	Fp* Compresión Perpendicular	Fv Corte
15	19	14	1.4	1.2

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

“La resistencia a la compresión paralela está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.”

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.14. Esfuerzos últimos

En la Tabla 4 se encuentra los esfuerzos últimos de resistencia a la falla de la GaK ante las diferentes sollicitaciones de carga.

Tabla 4: Esfuerzos últimos, F_u (MPa), $CH=12\%$

Fb	Ft	Fc	Fv
Flexión	Tracción	Compresión Paralela	Corte
45	117	37	7

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.15. Módulos de Elasticidad

Para el análisis de elementos estructurales se debe utilizar $E_{0.5}$, como módulo de elasticidad del material. El E_{min} se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas y columnas.

El E se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o requieran un nivel de seguridad superior al promedio. Se selecciona el módulo de elasticidad indicado dependerá del criterio del ingeniero. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 5: Modulo de Elasticidad, E_i (MPa), $CH=12\%$

Modulo Percentil 5, $E_{0.5}$	Modulo percentil 5 , $E_{0.05}$	Modulo mínimo, E_{min}
12000	7500	4000

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.16. Esfuerzos Admisibles

Se obtiene de la siguiente fórmula:

$$f_{ki} = f_{0.05i} \left[1 - \frac{2.7s/m}{\sqrt{n}} \right] \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

f_{ki} = Valor Característico en la sollicitación i .

$f_{0.05i}$ = Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en sollicitación i .

m = Valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio.

s = Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio.

n = Números de ensayos.

i = Subíndice que depende del tipo de sollicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralela a las fibras).

Si se realiza algún método experimental deben estar apropiado en relación con la memoria de cálculo estructural que se radique para la sollicitación de la licencia para construir, anteponiendo todo lo indicado, nombre de laboratorio, fechas, descripción, etc.

Casi igualando la sección 5.3.4 del Capítulo NEC-SE-MD, se definirán los factores de reducción de resistencia, que varían por el tipo de sollicitación de carga que se requiera, luego que se eligieron los valores característicos para cada sollicitación se hace el cálculo con la siguiente fórmula de esfuerzos admisibles. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

$$F_i = \frac{FC}{F_S * FDC} f_{ki} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

F_i = Esfuerzo admisible en la sollicitación i .

f_{ki} = Valor característico del esfuerzo en la sollicitación i .

FC =Factor de reducción por calidad tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de las cargas aplicadas a la estructura.

F_S =Factor de servicio y seguridad tomando en cuenta varias incertidumbres como los defectos no detectados, posibles variaciones en las propiedades del material, etc.

FDC =Factor de duración de la carga tomando en cuenta los esfuerzos de rotura de la GaK

Tabla 6: Factores de reducción de resistencia

Factor	Flexión	Tracción	Compresión (paralela)	Compresión (perpendicular)	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
Fs	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.17. Coeficientes de modificación.

Con la referencia de los valores de la tabla 3 de esfuerzos admisibles y de la tabla 5 de módulos de elasticidad afectados por los coeficientes de modificación por razón de tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinan todas las solicitaciones admisibles de las estructuras según la ecuación:

$$F'_i = F_i C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_c \tag{Ec.4}$$

Donde:

i: Subíndice que depende del tipo de solicitación (b para flexión, t para tracción paralela, c para compresión paralela, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralela a las fibras).

C_D = Coeficiente de modificación por duración de carga.

C_m = Coeficiente de modificación por contenido de humedad.

C_t = Coeficiente de modificación por temperatura.

C_L = Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas.

C_F = Coeficiente de modificación por forma.

C_r = Coeficiente de modificación por redistribución de cargas.

C_p = Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas.

C_c = Coeficiente de modificación por cortante.

F_i = Esfuerzo admisible solicitación i

F'_i = Esfuerzo admisible modificado para la solicitación i.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.18. Por duración de la carga (C_D)

El tiempo considerado para una carga normal son 10 años, si los elementos se someten a cargas variadas, se debe multiplicar los valores de la tabla 3 por la tabla 7. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 7: Coeficientes de modificación por duración de carga

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	Viva

Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.90	1.15	Construcción
Siete días	1.25	1.25	1.25	0.90	1.25	Construcción
Diez minutos	1.60	1.60	1.60	0.90	1.60	Viento y Sismo
Impacto	2.00	2.00	2.00	0.90	2.00	Impacto

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.19. Por contenido de humedad (C_m)

A medida que aumenta el contenido de humedad en el elemento GaK pierde resistencia y rigidez lo cual hay que tener en consideración los coeficientes de modificación por contenido de humedad. Los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad reportados en la tabla 3 y tabla 5 calculados para su contenido de humedad de la GaK de CH=12%.

Si las condiciones medioambientales en el sitio de construcción hacen variar el contenido de humedad de la GaK por encima del 12% se deben ajustar los valores de las tablas 3 y 5, multiplicándolos por los valores de la tabla 8. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 8: Coeficiente de modificación por contenido de humedad

ESFUERZOS		CH≤ 12%	CH= 13%	CH= 14%	CH= 15%	CH= 16%	CH= 17%	CH= 18%	CH≥ 19%
Flexión	Fb	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	Ft	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión Paralela	Fc	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión Perpendicular	Fp	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	Fy	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Módulo de Elasticidad	E _{0.5}	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	E _{0.05}								
	E _{min}								

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

La GaK tiene la particularidad de secarse hasta alcanzar un contenido de humedad igual a la humedad de equilibrio del lugar. Si se hace un secado mecánico, se logra por debajo del 12%, este podría aumentar su humedad si el sitio donde será construido la edificación tiene humedad relativa muy alta acompañada de una temperatura baja.

Es importante tener en cuenta la humedad del equilibrio del lugar donde se encuentra la GaK; por ello, se muestran en las siguientes tablas la humedad de equilibrio en Manabí y Pichincha, si se desea hacer en otras localidades en la NEC-SE-GUADUA, en el “Apéndice 3” se encuentran las tablas de otras provincias del Ecuador. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla de Apéndice 1: Media anual de humedad de equilibrio de madera.

Provincia de Pichincha.

Localidades	Temperatura media actual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual %)
Tabacundo	13.1	75.7	15.8
Quito	13.5	74.6	15.4
Mindo	19.2	90.8	22.4
Tumbaco	16.7	76.9	16.2
Machachi	12.5	81.6	18.1

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla de Apéndice 2: Media Anual de humedad de equilibrio de Madera. Provincia de Manabí.

Localidad	Temperatura media actual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual %)
Chone	25.5	86.8	20.3
Tosagua	25.7	83.6	18.8
Calceta	25.6	76.8	15.8
Rocafuerte	25.2	79.5	17.0
Flavio Alfaro	24.6	85.5	19.7
Manta	25.0	77.6	16.2
Portoviejo	24.7	76.4	16.0

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.19.1. Por Temperatura (Ct)

En caso de que la estructura de GaK este expuesto a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas 3, 4 y 5 deben ser multiplicados por los valores de la tabla 9 de acuerdo con las condiciones en las que este expuesto.

Tabla 9: Coeficientes de modificación por temperatura (Ct)

Esfuerzos		Condiciones de Servicio	Ct	Ct	Ct
			$T \leq 37C$	$37C \leq T \leq 52C$	$52C \leq T \leq 65C$
Flexión	Fb	Húmedo	1.0	0.60	0.40
		Seco		0.85	0.60
Tracción	Ft	Húmedo		0.85	0.80
		Seco		0.90	0.80
Compresión paralela	Fc	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Compresión perpendicular	Fp	Húmedo		0.80	0.50
		Seco		0.90	0.70
Corte	Fv	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Módulo de Elasticidad	E	Húmedo	0.80	0.80	
		Seco	0.90	0.80	

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.19.2. Por Acción conjunta

Cuando existe una acción de conjuntas garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez tiende a aumentar los esfuerzos admisibles un 10 % en caso de viguetas, pies derechos entramados ($C_r = 1.1$), solamente cuando la separación entre elementos no sea superior a 60 cm. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.20. Diseño de elementos sometidos a flexión

La GaK tiene una relación MOR/MOE (Modulo Rotura/ Módulo de Elasticidad) muy alta; por ende, indica que es un material muy flexible y en el análisis a flexión estará bajo el control de deflexión admisible, no obstante, se controla las resistencias a flexión, corte y aplastamiento. Para cada solicitud de aplicación para los elementos de GaK se deben verificar los esfuerzos admisibles. Se garantizará los apoyos de GaK no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular) deben terminar en nudos, si esto no ocurre, rellenar con mortero los entrenudos adyacentes a la carga.

Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, debe ser aplicada en un nudo, en tal caso se toman medidas necesarias para evitar fallas en cortes paralelos a las fibras, se recomienda rellenar los entrenudos adyacentes a la carga con mortero.

Cuando se utilicen vigas de más de un culmo se debe amarrar entre sí con pernos o varillas roscada que garanticen el trabajo conjunto. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.21. Área neta

El área de sección transversal de un Culmo será:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2) \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

A = Área neta de la sección transversal de la guadua, mm².

De = Diámetro exterior de la guadua, mm.

t = Espesor de la pared de la guadua, mm.

Se debe respetar todos los parámetros del diseño, en especial en medidas de áreas y espesores de los culmos.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.22. Deflexiones.

La relación entre los módulos de rotura y elasticidad (MOR/MOE) es alta y eso implica que están regidos los elementos a flexión por las deflexiones admisibles. A continuación, se establecerán requisitos para las deflexiones obtención de la sección y deflexiones inmediatas y diferidas.

Se calculan los elementos a deflexión con las fórmulas de la teoría elástica tradicional, se debe considerar la deflexión producida por la flexión; si es necesario se realizará cambios al MOE $E_{0.05}$ por cortante. Para el cálculo de deflexión de vigas simplemente apoyadas se utilizará la tabla 10 a continuación:

Tabla 10: Fórmulas para el cálculo de deflexiones

CONDICIÓN DE CARGA	DEFLEXIÓN
Carga concentrada en el centro de la longitud.	$\Delta = \frac{P L^3}{48EI}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5q L^4}{384EI}$

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Se utilizará las fórmulas de la teoría de la elasticidad en caso de que se requiera otras condiciones de cargas. Las deflexiones admisibles estarán limitadas a los valores de la tabla 11. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 11: Deflexiones admisibles δ (mm) NOTA 3

Condición de servicio	Cargas vivas (L/k)	Viento o Granizo (L/k)	Cargas totales (I/k)
Elementos de Techo / Cubiertas			
Cubiertas inclinadas			
Cielo raso de pañete o yeso	L/360	L/360	L/240
Otros cielos rasos	L/240	L/240	L/180
Sin cielo Raso	L/240	L/240	L/180
Techos Planos	NOTA 1	NOTA 1	L/300
Entre Pisos			
Elementos de entrepiso	L/360	-	L/240
Entrepisos rígidos	-	-	L/360

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Las deflexiones para vigas viguetas, entramados, pies derechos, se calcularán con el módulo de elasticidad $E_{0.05}$ o el E_{min} . Respecto al efecto cortante para los elementos

que tengan una relación $I/De \leq 15$ (Inercia/ Diámetro exterior), se realizará una corrección por cortante (C_c) en la tabla 12 se relacionan los valores de C_c para el módulo de elasticidad $E_{0.05}$.

Tabla 12: Valores de C_c

I/De	C_c
5	0.70
7	0.75
9	0.81
11	0.86
13	0.91
15	0.93

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

En la tabla 13 se presentan las combinaciones de carga para el cálculo de las deflexiones inmediatas y diferidas a 30 años.

Tabla 13: Cargas w para cálculo de sección y deflexiones

Condición	$CH \leq 19\%$ $t \leq 37^\circ C$	$CH \geq 19\%$ $t \leq 37^\circ C$
	CLIMA CONSTANTE	CLIMA VARIABLE
CÁLCULO DE SECCIÓN (W)	2.0 D+L	2.0D+L
Deflexiones inmediatas (W_{-i})	D+L	D+L
Deflexiones diferidas (W_{-f})	2.8D+1.3L	3.8D+1.4L

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.23. Flexión.

Los esfuerzos máximos de tensión y compresión que se producen por flexiones se calcularán para la sección del momento máximo. Estos esfuerzos no deben exceder la flexión admisible que indica la Tabla 3, modificado por los coeficientes de duración de carga y redistribución. Los coeficientes de modificación para flexión se indicarán a continuación. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.24. Estabilidad lateral y coeficientes de modificación (CL)

En vigas o viguetas conformadas por un solo culmo el coeficiente de modificación $C_L=1$, se debe tener en cuenta que:

Cuando se trata de una viga compuesta, de dos o más culmos, se verificará si requiere o no soporte lateral donde ocurre la compresión. La relación alto (d) ancho (b) debe ser mayor que 1 ($d/b > 1$), debe incluirse soportes laterales para prevenir el pandeo o la rotación. Cuando un elemento es sometido a flexión el coeficiente de modificación tiene en cuenta la reducción de la carga por causa de la inestabilidad lateral o el pandeo cuando la zona de compresión de una viga se comporta como una columna. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

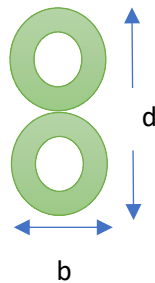


Figura 1. Ejemplo de sección compuesta

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.24.1. Estabilidad lateral de vigas compuestas.

Para vigas de sección compuesta por dos o más culmos de GaK se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión (F_b) por el valor C_L de la tabla 14.

Tabla 14: Coeficientes C_L para diferentes relaciones d/b .

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

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.24.2. Estabilidad lateral.

Se recomiendan a continuación una relación, alto / ancho del culmo para la necesidad de proveer un soporte lateral de acuerdo con las necesidades:

Si $d/b = 2$; no requiere soporte lateral.

Si $d/b = 3$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos.

Si $d/b = 4$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde en compresión mediante correas o viguetas.

Si $d/b = 5$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde con compresión mediante un entablado. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.25. Momento resistente

Los valores de los esfuerzos a flexión actuante (f_b) no debe exceder el valor de esfuerzo de flexión admisible ($F'b$) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'b \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

f_b = Esfuerzo a flexión actuante, en MPa.

M = Momento actuante sobre el elemento, en N mm.

$F'b$ = Esfuerzo admisible modificado, en MPa.

S = Módulo de sección, en mm^3 .

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32D_e} \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

S = Módulo de sección en mm^3 .

D_e = Diámetro promedio exterior del Culmo en mm.

t = Espesor promedio de la pared del Culmo en mm.

Cuando se utilicen más de dos culmos para conformar un elemento a flexión, se toma la inercia conjuntamente, es decir que se suman las inercias individuales de cada uno de los culmos, con la fórmula:

$$I = \sum I_i \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

I = Inercia de la sección compuesta, en mm^4 .

I_i = Inercia individual de cada Culmo referida a su propio centroide, en mm^4 .

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.26. Cortante

Los elementos con esfuerzos de corte máximo se calcularán a una altura (h) del mismo y se debe considerar los siguientes parámetros:

- En vigas conformadas por un solo Culmo, dicha altura será igual al diámetro exterior (D_e), a excepción de los voladizos, donde el esfuerzo máximo de corte será calculado en la cara del apoyo.
- Para más de dos culmos, la altura de la viga (h) corresponde a la altura real del elemento.
- Para determinar el esfuerzo máximo al cortante se toma en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección, en la cual debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras $F'v$, establecido para culmos modificados por los coeficientes a los que corresponda. (Tabla 4)

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.26.1. Esfuerzo Cortante paralelo a las fibras.

$$f_v = \frac{2v}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 6D_e t + 4t^2}{D_e^2 + 2D_e t + 2t} \right) \leq F'v \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde:

f_v = Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa.

A = Área de la sección transversal del elemento de guadua, en mm^2 .

D_e = Diámetro externo promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm.

t = Espesor promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm.

$F'v$ = Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa.

v = Fuerza cortante en la sección considerada, en N.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.27. Conectores en vigas de sección compuesta

Se debe garantizar la estabilidad por medio de conectores transversales cuando son vigas conjunto de dos o más culmos.

Se debe rellenar con mortero de cemento todos los canutos que atraviesen conectores en vigas de dos o más culmos. El primer conector se ubica a una distancia de 50 mm desde la cara del apoyo. (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

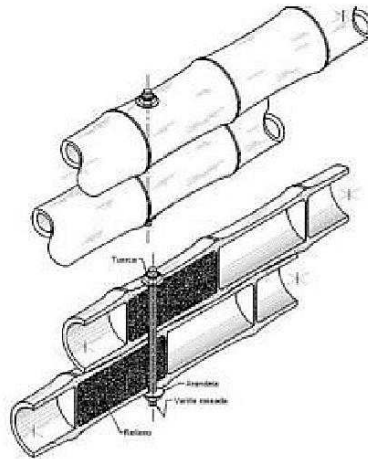


Ilustración 5: Detalle conectores secciones compuestas

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.28. Aplastamiento

Se verificará los apoyos y lugares donde haya cargas concentradas a los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (f_p). El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras no debe exceder al esfuerzo admisible de compresión perpendicular modificado por los coeficientes que correspondan. Con la siguiente fórmula obtendremos el esfuerzo a compresión perpendicular a la fibra actuante.

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2L} \leq F_p \quad (\text{Ec.10})$$

F_p = Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

f_p = Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa.

D_e = Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm.

t = Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm.

L = Longitud de apoyo, en mm.

R = Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N.

Los canutos que sufran esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra deberán ser rellenos con mortero de cemento; en el caso que no se cumpla el valor del esfuerzo admisible ($F'p$) se debe reducir la cuarta parte ($F'p/4$)

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.29. Diseño de elementos solicitados por fuerza axial.

Los elementos que serán diseñados por fuerza axial son aquellos solicitados en la misma dirección que el eje longitudinal que pasa por el centroide de su sección transversal.

2.1.29.1. Elementos solicitados a tensión axial.

Los esfuerzos a tensiones axiales en secciones actuantes(f_t) no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial ($F't$), modificado por los coeficientes de modificación, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F_t \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

f_t = Esfuerzo a tensión actuante, en MPa.

T = Fuerza de tensión axial aplicada, en N.

F_t = Esfuerzo de tensión admisible, modificado coeficientes a que haya lugar, en MPa.

A_n = Área neta del elemento, en mm².

Todos los elementos que están solicitados por tensión axial y momento flector deben ser diseñados de acuerdo con lo estipulado en la sección de “Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial”.

2.1.29.2. Elementos solicitados a compresión axial

Para el diseño de los elementos solicitados a compresión axial, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

2.1.30. Longitud efectiva

Es la longitud teórica de una columna con articulaciones en sus extremos. Se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$l_e = l_u k \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

l_u = Longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm.

k = Coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos, Ver Tabla 15.

l_e = Longitud efectiva, en mm.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Tabla 15: Coeficiente de longitud efectiva

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.31. Esbeltez

La medida de esbeltez por Culmo está dada:

$$\lambda = \frac{l_e}{r} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

λ = Relación esbeltez del elemento.

l_e = Longitud efectiva del elemento, en mm.

r = Radio de giro de la sección, en mm.

El radio de giro de la sección constituido por un Culmo será calculado con la fórmula:

$$r = \frac{\sqrt{D_e^2 + (D_e - 2t)^2}}{4} \quad (\text{Ec.14})$$

Donde:

D_e = Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm.

t = Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm.

r = Radio de giro de la sección.

Cuando se constituyen por dos o más culmos en el diseño de elementos solicitados a compresión la medida para esbeltez de la Ecuación 13, se usará el radio de giro a continuación:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (\text{Ec.15})$$

Donde:

I = Inercia de la sección.

A = Área neta de la sección transversal de guadúa.

r = Radio de giro de la sección.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.32. Clasificación de columnas

Según su relación de esbeltez, las columnas de GaK rolliza pueden estar clasificadas en cortas, intermedias o largas.

Tabla 16: Clasificación de columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

La esbeltez C_k es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas, y está dada por la siguiente formula:

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'c}} \quad (\text{Ec. 16})$$

Dónde:

$F'c$ = Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa.

$E_{0.05}$ = Módulo de elasticidad percentil 5, en MPa.

En ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.33. Esfuerzos máximos

Columnas cortas. ($\lambda < 30$): el esfuerzo máximo de compresión (f_c) no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles ($F'c$) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'c \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

f_c = Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante en MPa.

N = Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N.

A_n = Área neta de la sección transversal, en mm^2 .

$F'c$ = Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible en MPa.

Columnas largas ($Ck < \lambda < 150$): El (f_c) no debe exceder el valor del ($F'c$) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f_c = 3,3 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} < F'c \quad (\text{Ec. 18})$$

Dónde:

f_c = Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa.

$F'c$ = Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa.

λ = Esbeltez, Ecuación 13.

$E_{0,05}$ = Modulo de Elasticidad del percentil 5.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.34. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial

2.1.34.1. Elementos solicitados a flexión con tensión axial

Los elementos que se encuentran sometidos a fuerzas de tensión axial y flexión se deben regir por la siguiente ecuación.

$$\frac{f_t}{F't} + \frac{f_b}{F_b} < 1,0 \quad (\text{Ec. 19})$$

Donde:

f_t : Esfuerzo a tensión actuante, en MPa.

$F't$: Esfuerzo de tensión admisible modificado, en MPa.

f_b : Esfuerzo a flexión actuante, en MPa.

$F'b$: Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.34.2. Elementos solicitados a flexo-compresión

Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de compresión y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

$$\frac{f_c}{F'c} + \frac{kmfb}{Fb} < 1,0 \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde:

f_c : Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa.

$F'c$: Esfuerzo de compresión paralela a la fibra modificado, en MPa.

f_b : Esfuerzo a flexión actuante, en MPa.

$F'b$: Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa.

km : Coeficiente de magnificación de momentos, ecuación 21.

$$km = \frac{1}{1 - 1,5\left(\frac{Na}{Ner}\right)} \quad (\text{Ec. 21})$$

Donde:

Na : Carga de compresión actuante, en N.

Ner : Carga Crítica de Euler, calculada en la Ecuación 22.

$$Ner = \frac{\pi^2 E_{0,05} I}{l_e^2} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde:

Ner : Carga crítica de Euler, en N.

$E_{0,05}$: Módulo de elasticidad del percentil 5, en Mpa.

I : Momento de Inercia , en mm^4 .

l_e : Longitud efectiva del elemento , en mm.

(Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.1.35. Cimentación y sobrecimiento

Se construirá una sobre cimentación de altura mínima de 200mm sobre el nivel del terreno natural para la absorción de las cargas de los elementos verticales de la GaK, sean columnas o muros.

- Mediante varillas de acero:

Las varillas inician en la cimentación y sobresalen en la cabeza del sobrecimiento, para cumplir con el anclaje entre el sobrecimiento y los culmos.

Los culmos deben apoyarse de 20 a 30 mm por debajo del nudo para obtener más rigidez en el pie de columna. Se deben limpiar el diafragma interior de 2 nudos seguidos para introducir la varilla y el mortero si es necesario.

Con la sierra de copa o saca bocados, realizar una abertura de 25 mm de diámetro en el entrenudo del culmo a 300 mm del sobrecimiento.

El diámetro de las varillas no debe ser menores a 10 mm (3/8") ni mayores a 18 mm. Los anclajes que salen del pedestal no deben ser menor a 300 mm de longitud.

Se debe rellenar de mortero todos los anclajes y se puede mejorar el mortero sustituyendo una parte de arena por una parte de cisco o residuo de piedra triturada.

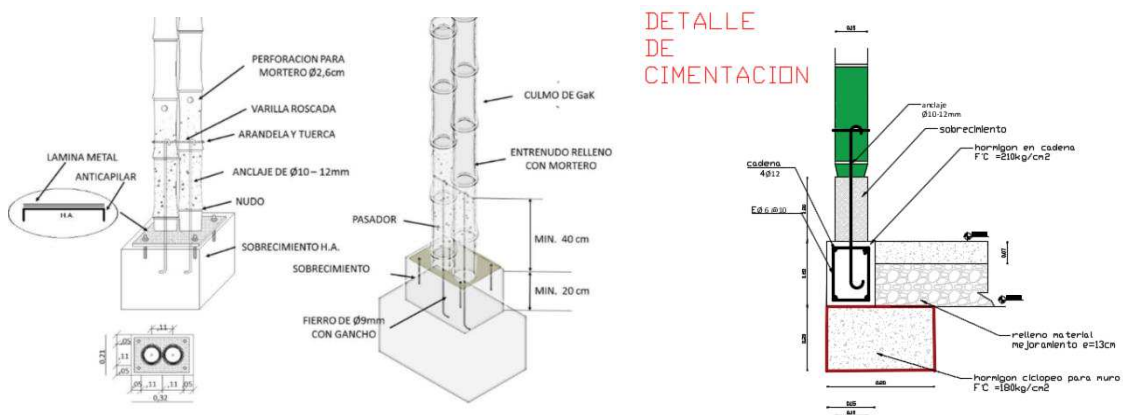


Ilustración 6: Detalles de conexiones ancladas con varilla de acero

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

2.2.Cargas no sísmicas. (NEC-SE-CG)

2.2.1. Carga Viva (sobrecarga de uso)

Las cargas que se usen para el cálculo dependerán de la ocupación que tenga la edificación y esta conformadas por los pesos de personas, muebles, equipos y accesorios móviles. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

2.2.2. Sobrecarga mínima uniformemente distribuida y concentradas

En la tabla 9 en la página 25 del apartado de la NEC-SE-CG indican los valores de cargas (uniforme o concentrada) de acuerdo con la ocupación.

Tabla 17: Sobrecarga de acuerdo con la ocupación

Ocupación o Uso	Carga Uniforme (kN/m ²)
Residencias	
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00
Hoteles y residencia multifamiliares	
Habitaciones	2.00
Salones de uso público y sus corredores	4.80

Fuente: (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

Tabla 18: Sobrecarga de uso para cubiertas

Ocupación o Uso	Carga Uniforme (kN/m ²)
Cubiertas	
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza	

Fuente: (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

2.2.3. Cargas por viento

2.2.3.1. Velocidad instantánea máxima del viento

La velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s (75 km/h). (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

2.2.3.2. Velocidad corregida del viento

La velocidad instantánea máxima del viento se multiplicará por un coeficiente de corrección σ que depende de la altura y de las características topográficas y/o de edificación del entorno (nivel de exposición al viento). (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

$$V_b = V * \sigma \quad (\text{Ec.23})$$

Donde:

V_b = velocidad corregida del viento en m/s.

V = velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

σ = Coeficiente de corrección.

Las características topográficas se reparten en 3 categorías:

- Categoría A (sin obstrucción): edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.
- Categoría B (obstrucción baja): edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.
- Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificios de altura.

Tabla 19: Coeficiente de corrección del viento

Altura (m)	Categoría A	Categoría B	Categoría C
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80

Fuente: (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

2.2.3.3.Cálculo de la presión del viento.

Se considera que la acción del viento actúa como presión sobre los elementos de fachada. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje del viento, se establece una presión de cálculo P, cuyo valor se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f \quad (\text{Ec. 24})$$

Donde:

P= Presión de cálculo expresada en Pa (N/m²).

ρ = Densidad del aire expresada en Kg/m³(En general, se puede adoptar 1.25 Kg/m³).

C_e = Coeficiente de entorno/altura.

C_f = Coeficiente de forma.

Tabla 20: Factor de forma C_f

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60 °	+0.3 a + 0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

Fuente: (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

Tabla 21: Coeficiente de entorno/altura C_e

Entorno del edificio	Altura elemento sobre nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	1.63	1.63	1.63	1.63	1.68	2.15
Zonas Urbanas	1.63	1.63	1.63	1.96	2.32	2.82
Zonas Rurales	1.63	1.63	1.89	2.42	2.75	3.20
Terrenos abiertos	1.64	1.93	2.35	2.81	3.09	3.74

Fuente: (Reinoso, 2015)

2.2.4. Cargas de granizo

Se considerará una acumulación del granizo en corto tiempo.

Se debe tomar en cuenta para regiones del país con más de 1500 msnm, las cargas de granizo S, tal como se especifica en los siguientes párrafos. La carga de granizo S se determinará por la siguiente formulación:

$$S = \rho_g * H_s \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

ρ_g = Peso específico del granizo (en defecto: 1000 Kg/m³).

H_s = Altura de acumulación (m).

Para cubiertas con pendientes menores del 15%: Se debe considerar una carga de granizo mínima de 0.50 kN/m²

Para cubiertas con pendientes menores del 5%: Se debe considerar una carga de granizo mínima de 1.0 kN/m²

En los sitios donde sea necesario considerar la carga de granizo, se adicionará una sobrecarga de 1.0 kN/m² en las áreas de los aleros, en un ancho del 10% de la luz libre, medido desde el borde hacia el apoyo y no menor a 1000 mm.

(Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

2.2.5. Cargas muertas: Pesos de los materiales

Los valores extras se encuentran en el apartado de la NEC-SE-CG del apéndice 4 (pág.21)

Tabla 22: Peso unitario de los materiales

Material	Peso Unitario kN/m ³
Plancha ondulada de fibrocemento: de 8 mm de espesor	0.20

Fuente: (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador (NEC-SE-CG), 2015)

2.3. Zonas Sísmicas (NEC-SE-DS)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en el apartado PELIGRO SISMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE. Indica en el Peligro Sísmico del Ecuador y efectos sísmicos locales. ((NEC-SE-DS), 2015)

El objetivo de este capítulo es reducir el riesgo sísmico a niveles aceptables para el contexto ecuatoriano. El riesgo sísmico tiene que ver con el peligro sísmico descrito para el territorio nacional. Así mismo para la base del diseño se recuerda que la respuesta de una edificación a solicitaciones sísmicas del suelo se caracteriza por aceleraciones, velocidades y desplazamientos de sus elementos.

El valor de Z representa la aceleración máxima en roca para edificios de usos normales esperada para el sismo de diseño; el sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador caracterizada por el valor del factor de Zona ((NEC-SE-DS), 2015)

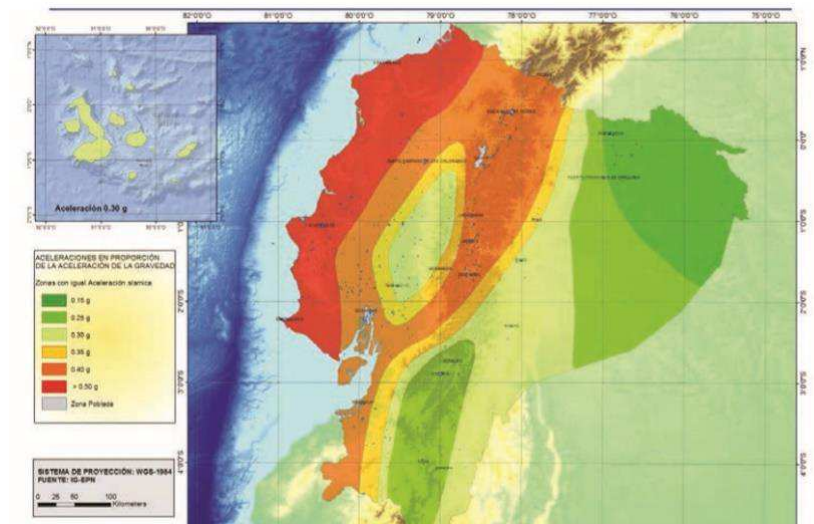


Ilustración 7: Zonas Sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor Zona Z

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

Este mapa de la zonificación sísmica para diseño que viene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de repeticiones en 50 años (periodo de retorno 475 años) incluye una saturación a 0.50g de los valores de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona 6.

Tabla 23: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
--------------	---	----	-----	----	---	----

Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

El Ecuador está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del:

- Nororiente con amenaza sísmica intermedia.
- Litoral Ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

Para determinar el valor de Z que se puede encontrar en la tabla 19 del apartado de la NEC-SE-DS que indica las poblaciones ecuatoriana y valor del factor de la sección 10.2 se incluye un listado del valor correspondiente a continuación:

Tabla 24: Valor del factor Z (Zona sísmica de Manabí)

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
CHONE	CHONE	SANTA ANA	MANABÍ	0.50
EL AROMO	MANTA	MANTA	MANABÍ	0.50
PILES	MONTECRISTI	MONTECRISTI	MANABÍ	0.50
SAN LORENZO	SAN LORENZO	MANTA	MANABÍ	0.50

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

Tabla 25: Valor del factor Z (Zona sísmica de Pichincha)

Población	Parroquia	Cantón	Provincia	Z
CALACALI	CALACALI	QUITO	PICHINCHA	0.40
SANTA ROSA	CONOCOTO	QUITO	PICHINCHA	0.40
ATAHUALPA	ATAHUALPA	QUITO	PICHINCHA	0.40

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

Si se diseña una estructura en una población o zona que no consta en la lista y que se dificulte la caracterización de la zona en la que se encuentre utilizando el mapa se escoje la mas cercana ; (Sección 10.2 de la tabla 19 de la sección NEC-SE-DS , página 90). ((NEC-SE-DS), 2015)

2.3.1. Tipos de Suelos.

En el apartado NEC-SE-DS se definen 6 tipos de perfiles de suelo en la cual se presenta a continuación ; son los correspondientes a 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Para el tipo F se aplican otros criterios y no debe limitarse a los 30

m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo ((NEC-SE-DS), 2015)

Tabla 26: Clasificación de los perfiles del suelo

Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles que cumplan con los dos criterios de suelos densos o roca blanda	$N \geq 50$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ KPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	$V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$IP > 20$ $W \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotécnista	
	F1- Suelos susceptibles a fallas.	
	F2- Tuba y arcillas orgánicas	
	F3- Arcillas de muy alta plasticidad	
	F4- Perfiles de gran espesor de arcilla blanda	
	F5- Suelos con contrastes de impedancia , suelos blandos	
	F6- Rellenos colocados sin control ingenieril	

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

Es fundamental que se escoja un tipo de suelo realizando anteriormente un buen estudio del mismo en consideración con la construcción que se realizará, para saber la resistencia

del suelo y la carga que se le va a ejecutar para poder realizar los ensayos sísmicos. ((NEC-SE-DS), 2015)

Se encuentran informaciones complementarias en el apéndice de 10.5.2 del NEC-SE-DS.

2.3.2. Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s .

- **F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.**

Se presentan los valores F_a que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástica de aceleraciones para diseño en roca, se toma en cuenta los factores de sitio.

Tabla 27: Tipo de suelo y Factores de Sitio

Tipo de perfil del subsuelo	Zona Sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85
F	Para los suelos tipo F no se proporcionan valores F_a , F_d y F_s , debido que se requieren estudios especiales que estipula la sección 10.5.4 de la tabla 2 (NEC-SE-DS)					

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

- **F_d : Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos en roca.**

Se presentan los valores F_d que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástica de aceleraciones para diseño en roca, se toma en cuenta los factores de sitio.

Tabla 28: Tipo de suelo y Factores de Sitio

Tipo de perfil del subsuelo	Zona Sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.70	1.65	1.6	1.5
F	Para los suelos tipo F no se proporcionan valores Fa, Fd y Fs.; debido que se requieren estudios especiales que estipula la sección 10.5.4 de la tabla 2 (NEC-SE-DS)					

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

- **F_s Comportamiento no lineal de los suelos**

Se presentan los valores del coeficiente F_s, que considera el comportamiento no lineal de los suelos, degradación del periodo del sitio y el contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo para los espectros de aceleraciones y desplazamientos. ((NEC-SE-DS), 2015)

Tabla 29: Tipo de suelo y factores de sitio

Tipo de perfil del subsuelo	Zona Sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Para los suelos tipo F no se proporcionan valores Fa, Fd y Fs, debido que se requieren estudios especiales que estipula la sección 10.5.4 de la tabla 2 (NEC-SE-DS)					

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

2.3.3. Metodología de Diseño

Se propone el siguiente método:

- Diseño basado en Fuerzas (DBF): es el método de referencia de la presente norma. (sección 6, NEC-SE-DS). ((NEC-SE-DS), 2015)

2.3.3.1. Requisitos: Fuerzas Internas

Involucra el cálculo de las fuerzas internas que afectan directamente a la estructura, estas simulan las sollicitaciones mecánicas. Para cumplir con este parámetro, en los resultados del análisis deberán revisarse:

- Derivas.
- Modos de vibración.
- Desplazamientos.
- Cortantes de Piso.
- Cortante en la Base.

((NEC-SE-DS), 2015)

2.3.3.2. Cortante basal V

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_P \phi_E} * W \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

$S_a(T_a)$ = Espectro de diseño en aceleración.

$\phi_P \phi_E$ = Coeficiente de configuración en planta y elevación.

I = Coeficiente de importancia.

R = Factor de Reducción de resistencia sísmica.

V = Cortante Basal total de diseño.

W = Carga Sísmica reactiva.

T_a = Periodo de vibración.

Para el cálculo de estructuras regulares tanto en planta como en elevación se usará ($\phi_P = \phi_E = 1$). En el caso donde se presente los tipos de fallas establecidos en la NEC-SE-DS se utilizará ($\phi_P = \phi_E = 0.9$). ((NEC-SE-DS), 2015)

2.3.3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica

Espectros elásticos de diseño

Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, consistente con:

- El factor de zona sísmica Z.
- El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura.
- La consideración del coeficiente de amplificación del suelo Fa, Fd y Fs.

((NEC-SE-DS), 2015)

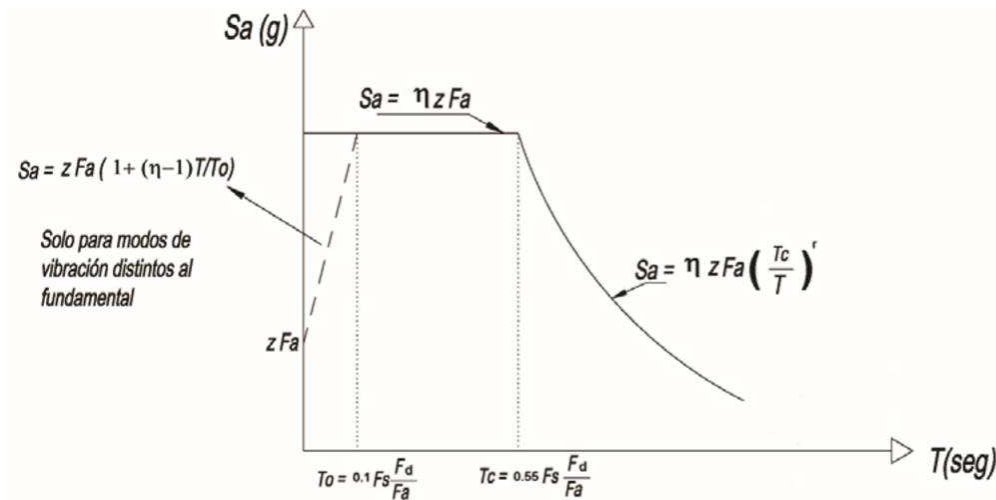


Ilustración 8: Espectro sísmico elástico de aceleración que representa el sismo de diseño

Fuente: ((NEC-SE-DS), 2015)

Donde:

η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto.

F_d = Coeficiente de amplificación de suelo.

F_s = Coeficiente de amplificación de suelo.

S_a = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g).

T = Período fundamental de vibración de la estructura.

T_0 = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g.

((NEC-SE-DS), 2015)

Dicho espectro, obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%, se obtiene mediante las siguientes ecuaciones:

$$S_a = \eta Z F_a \quad : \quad 0 \leq T \leq T_c \quad (\text{Ec. 27})$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r : T > T_c \quad (\text{Ec.28})$$

Donde:

r = Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

r = 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

r = 1.5 para tipo de suelo E.

Para la aceleración máxima en el terreno Z, se definieron los valores de la relación de amplificación espectral, η (S_a/Z , en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas).
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente.

Los límites para el período de vibración T_c y T_L .

$$S_a = Z F_a \left[1 + (\eta - 1) \frac{T}{T_0} \right] \quad T \leq T_0 \quad (\text{Ec. 29})$$

$$T_0 = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (\text{Ec. 30})$$

((NEC-SE-DS), 2015)

2.4. Estudios de Laboratorio

2.4.1. Estudio de laboratorio Quito

Para poder comprender mejor la investigación, el autor se dirigió a la Universidad Central del Ecuador ubicada en la ciudad de Quito para obtener un ensayo flexo- compresión que realizaron los estudiantes de la Ing. Paulina Viera. El laboratorio de ensayos de la facultad de ciencias físicas de la carrera de ingeniería civil de la UCE fue usado por los estudiantes de noveno semestre en la que se obtuvo la GaK del sitio y se le realizó los mismos parámetros de tratamiento que indica la norma NEC-SE-GUADUA. (Viera, 2018)

Como objetivo principal de estos ensayos es determinar la resistencia fisico-mecánica de la caña guadua, para así obtener parámetros de comparación y proponer este recurso natural como una alternativa de construcción ecológica sustentable y de rápida construcción en zonas de alta vulnerabilidad sísmica o como una alternativa económicamente viable.

Como procedimiento para la elaboración del ensayo en laboratorio elaboraron los siguiente:

- Selección: Se seleccionó los culmos en la plantación que cumplen con los tiempos de maduración que son las indicadas.
- Corte: Se lo realizó a las 4:30 am en menguante lunar.
- Avinagrado: Se lo dejó aproximadamente entre 20 días en avinagrado.
- Transporte: Se transportó las cañas, evitando impactos ni rajaduras.
- Recepción: Donde se recibieron las cañas.
- Ablución: Se colocaron las cañas en una piscina con un líquido de Ácido Bórax
- Pre- Secado: Se retiraron las cañas de la solución inmunizante y se colocaron verticalmente para que se escurran.
- Conservación y Preservación: Se limpió todas las virutas y se les aplicó aceite de linaza con 30% de trementina y luego con cera para la protección de luz ultravioleta.

En el apartado de los Anexos se podrá observar las imágenes del proceso de GaK antes de ser estudiada.

2.4.1.1. Ensayo a tracción:

Se modificó una pequeña muestra como probeta y se colocó en la máquina de ensayo de tracción con el deformímetro



Ilustración 9: Ensayo de tracción con el deformímetro

Fuente: (Viera, 2018)



Ilustración 10: Falla de la muestra a tracción.

Fuente: (Viera, 2018)

Los valores de esfuerzo deformación demostraron de la muestra 3 con una carga de 0 a 5.20 KN con una deformación de $140 \text{ mm} \cdot 10^{-2}$ que obtuvo un esfuerzo máximo de 131.31 MPa y con un módulo de elasticidad de $2.05 \cdot 10^4$ MPa.

En el apartado de anexos se pueden observar las tablas de laboratorio y el diagrama esfuerzo deformación.

2.4.1.2. Ensayo de compresión:

Se cortó una muestra del culmo y se lo realizó en la máquina de compresión



Ilustración 11: Muestra y ensayo a Compresión

Fuente: (Viera, 2018)



Ilustración 12: Falla a Compresión

Fuente: (Viera, 2018)

Tabla 30: Datos de resultados de ensayo a compresión

Identificación de la Muestra	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Altura (mm)	Área (mm ²)	Esfuerzo (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)
1	114	87	115	4262	158.3	37.1
2	109	86	110	3523	147.6	41.9
3	110	85	112	3829	148.5	39.8

Fuente: (Viera, 2018)

2.4.1.3. Ensayo de flexión:

Se realizó colocando el culmo en forma horizontal perpendicular a la máquina universal.



Ilustración 13: :Colocación muestra para el ensayo de flexión

Fuente: (Viera, 2018)



Ilustración 14: Ensayo de flexión y deformación de este

Fuente: (Viera, 2018)

Se realizó el mismo ensayo a tres muestras de distintos diámetros indicado en la tabla 31.

Tabla 31: Datos de ensayo a flexión.

Muestra	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Carga P (KN)	Deform. (10^{-2}) (mm)	Momento flector (N.mm)	Deflexión Flecha (mm)	Módulo de rotura (MPa)
1	95	70	12.19	285	2133.25	2.85	84.49
2	99.30	74	9.93	174	1737.75	1.74	193.78
3	96	70	14	211.0	2450	2.11	94.04

Fuente: (Viera, 2018)

2.4.2. Estudios de laboratorio de la GaK en Manta.

Para la evidencia de los ensayos realizados con elementos GaK en la ciudad de Manta el autor tuvo la necesidad de recopilar información realizada en el laboratorio de la facultad de Ingeniería de la ULEAM donde la Srta. Gema Verduga Solórzano hizo su investigación previa a su titulación como ingeniera con el tema “Análisis de las propiedades Físico – Mecánicas de la caña guadua y su impacto estructural en la zona NOR-ESTE de la provincia de Manabí”.

El autor tomó el cantón Chone como ubicación de origen de los culmos para el análisis estructural de la vivienda diseñada por la organización CISP (Comitato Internazionale Per Lo Sviluppo dei Popoli).

2.4.2.1. Análisis de propiedades físicas

La Srta. Gema Verduga realizó el análisis comparativo de propiedades físicas en 3 cantones diferentes de la provincia de Manabí en la cual son Chone, Flavio Alfaro y El Carmen en la cual se encontraron diferentes valores de humedad, densidad y contracción para las diferentes partes del Culmo, Inferior, Media y Superior. (Verduga, 2019)

- Contenido de humedad.

Se realizó un análisis entre los tres cantones y El Carmen obtuvo un contenido de humedad de 13,28% y Chone con el menor porcentaje de humedad total de 11,28% en la cual sí está en el rango que indica la NEC-SE-GUADUA en su apéndice 3 para Chone el 20,3%. (Verduga, 2019).

En el apartado de Anexo se observa mejor la comparativa entre los cantones.

- Densidad Básica

Se realizó un análisis de densidades entre los tres cantones y El Carmen tiene un mayor valor de densidad básica con $647,051 \text{ kg/m}^3$ en la cual está en el rango de 620 a 900 kg/m^3 se muestran valores de resistencia y módulos de elasticidad para cada sección del Culmo en los cantones estudiados. Se estableció que la mayor resistencia y módulo de elasticidad posee es la de Chone con valores promedios de 35.19 MPa y 33.75 GPa que es la resistencia que el autor de esta investigación tomará para el análisis estructural. Para esta investigación se tomó a el cantón Chone los culmos en la cual dan valores de $582,04 \text{ kg/m}^3$; no obstante, se tomará el límite de 620 kg/m^3 para estar en el rango. (Verduga, 2019).

- Contracciones laterales

Se analizaron los ensayos de contracción en las tres secciones de la GaK para el diámetro (D), espesor (E) y altura (H), de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen.

El Cantón que mayor obtuvo contracción en este análisis fue el Carmen con 4.72% en diámetro (D) , 10.2% en espesor (E) y un 0.30 % en altura (H).

Como el cantón que escogimos para esta investigación es Chone tiene 4.40% en contracción de diámetro (D) , 6.72% en espesor (E) y 0.31 % en altura (H) .

(Verduga, 2019)

2.4.2.2. Análisis de propiedades mecánicas

La Srta. Gema Verduga también realizó pruebas mecánicas en el laboratorio de la ULEAM de compresión, corte, tensión y flexión de los 3 diferentes cantones de Manabí Chone , Flavio Alfaro y El Carmen .

- Ensayo a Compresión

Se realizó el ensayo sometiendo unas muestras a esfuerzos por cargas a compresión de las 3 secciones del culmo. Se estableció que la mayor resistencia y módulo de elasticidad es la de Chone con valores promedios de 35.19 MPa y 33.75 GPa que es la resistencia que el autor de esta investigación tomará para el análisis estructural. (Verduga, 2019)

En el apartado de Anexo se observa mejor la comparativa entre los cantones.

- Ensayo de Corte con y sin nudos

Se presentan en las figuras los ensayos a corte con y sin nudo en las tres secciones de la caña guadua y en los tres diferentes cantones y en base al análisis comparativo se determinó que el Cantón Chone tiene los valores sin nudo de 17.10 MPa y 18.81GPa; y los ensayos con nudos 17.93 MPa y 19.33GPa.

En el apartado de Anexo se observa mejor la comparativa entre los cantones.

- Ensayo a tensión

Se estableció que el cantón de Flavio Alfaro tiene mayor resistencia y módulo de elasticidad en el ensayo de tensión con valores de 100.76 MPa y 21.22 GPa respectivamente.

Para esta investigación usaremos como resistencia a tensión de 64.59 MPa y de módulo de elasticidad a tensión de 16.46 GPa en la sección inferior.

En el apartado de Anexo se puede observar mejor la comparativa entre los cantones.

- Ensayo a flexión

Los valores de resistencia y módulo de elasticidad a flexión indican que el cantón con mayores valores son Flavio Alfaro con 50.55MPa de resistencia y 9.23 GPa de módulo de elasticidad

Para esta investigación se tomará los valores de Chone de 49.36 MPa y 7.84 GPa respectivamente.

En el apartado de Anexo se puede observar mejor la comparativa entre los cantones.

2.5. Características Físico Mecánicas según la NEC

La densidad o el peso por unidad de volumen de la GaK está entre 700 a 900 kg/m³ en la cual se escoge el número mayor en zonas más húmedas en el caso de Manta- Manabí se escogió 900 kg/m³ porque su contenido de humedad es de 16,6% y para Quito-Pichincha se eligió 700kg/m³ por tener un contenido de humedad de 15,4%. Como lo indica la tabla de apéndice 1 del contenido de humedad por Zona.

En la NEC indican valores de Esfuerzos Admisibles en la tabla 3, Esfuerzos límites en la tabla 4 y módulos de elasticidad en la tabla 5; indican de acuerdo con un Contenido de Humedad (CH=12%), es decir que se deben modificar estos valores si el contenido de humedad cambia en la cual es 16.6% para Manta y 15.4% para Quito.

Tabla 32: Contenido de Humedad según la zona

Ciudad	Temperatura	Humedad	Humedad Equilibrio
	°C	Anual %	media anual %
Quito	13,5	74,6	15,4
Manta	25	77,6	16,6

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Elaborado por : Autor de la investigación

En la tabla 8 indican los coeficientes de modificación según el cambio de porcentaje de humedad. Se eligió un rango similar y se interpoló a continuación en la tabla 33 y 34.

Tabla 33: Coeficientes de modificación por contenido de humedad para Quito

Esfuerzos		CH=15%	CH=15,4%	CH=16%
Flexión	Fb	0,87	0,854	0,83
Tracción	Ft	0,91	0,902	0,89
Compresión paralela	Fc	0,87	0,854	0,83
Compresión perpendicular	Fp	0,91	0,902	0,89
Corte	Fv	0,91	0,902	0,89
Módulo de elasticidad	E0,5	0,96	0,952	0,94
	E0,05	0,96	0,952	0,94
	Emin	0,96	0,952	0,94

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Elaborado por: Autor de la investigación

Tabla 34: Coeficientes de modificación por contenido de humedad para Manta

Esfuerzos		CH=16%	CH=16,6%	CH=17%
Flexión	Fb	0,83	0,806	0,79
Tracción	Ft	0,89	0,872	0,86
Compresión paralela	Fc	0,83	0,806	0,79
Compresión perpendicular	Fp	0,89	0,872	0,86
Corte	Fv	0,89	0,872	0,86
Módulo de elasticidad	E0,5	0,94	0,934	0,93
	E0,05	0,94	0,934	0,93
	Emin	0,94	0,934	0,93

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda del Ecuador (NEC-SE-GUADUA), 2016)

Elaborado por: Autor de la investigación

De acuerdo con estos coeficientes se multiplican por los valores de las tablas 3, 4 y 5. A continuación las tablas 35, 36 y 37 de los valores de esfuerzos admisibles, esfuerzos últimos y Módulos de Elasticidad para la ciudad de Quito.

Tabla 35: Valores modificados de Esfuerzo admisible para Quito, MPa (CH=15.4%)

Fb	Ft	Fc	Fp*	Fv
Flexión	Tracción	Compresión	Compresión	Corte
12,81	17,138	11,956	1,2628	1,0824

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 36: Valores modificados de Esfuerzo últimos para Quito, MPa (CH=15.4%)

Fb	Ft	Fc	Fv
Flexión	Tracción	Compresión	Corte
38,43	105,534	31,598	6,314

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 37: Valores modificados de Módulos de Elasticidad Quito, MPa (CH=15.4%)

Modulo percentil 5	Modulo percentil 5	Modulo mínimo
E0,5	E0,05	Emin
10824	7140	3808

Fuente: Autor de la investigación

Los valores de esfuerzos admisibles, esfuerzos últimos y módulos de elasticidad para Manta serán a continuación en la Tabla 38, 39 y 40.

Tabla 38: Valores modificados de Esfuerzo admisible para Manta, MPa (CH=16.6%)

Fb	Ft	Fc	Fp*	Fv
Flexión	Tracción	Compresión	Compresión	Corte

12,09	16,568	11,284	1,2208	1,0464
-------	--------	--------	--------	--------

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 39: Valores modificados de Esfuerzo últimos para Manta, MPa (CH=16.6%)

Fb	Ft	Fc	Fv
Flexión	Tracción	Compresión	Corte
36,27	102,024	29,822	6,104

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 40: Valores modificados de Módulos de Elasticidad para Manta, MPa (CH=16.6%)

Modulo percentil 5	Modulo percentil 5	Modulo mínimo
E0,5	E0,05	Emin
11208	7005	3736

Fuente: Autor de la investigación

2.5.1. Esfuerzos Admisibles en la Solicitación

En la ecuación 3 indica la fórmula para los esfuerzos Admisibles según los factores para cada sollicitación que se encuentra en la tabla 6 con los factores de reducción de resistencia. Obtenemos los esfuerzos para Manta y Quito.

Tabla 41: Esfuerzos Admisibles en la sollicitación Manta (MPa).

	FLEXIÓN	TRACCIÓN	COMPRESIÓN	COMPRESIÓN *	CORTE
Fki	12,09	16,568	11,284	1,2208	1,0464
Fi	0	2,76133333	0	0	0,3170909

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 42: Esfuerzos Admisibles en la sollicitación Quito (MPa).

	FLEXIÓN	TRACCIÓN	COMPRESIÓN	COMPRESIÓN *	CORTE
Fki	12,81	17,138	11,956	1,2628	1,0824
Fi	0	2,85633333	0	0	0,328

Fuente: Autor de la investigación

En la tabla 6 no indica valor del factor FC de reducción de resistencia en Flexión, Compresión paralela y Compresión perpendicular por esa razón

2.5.2. Coeficientes de modificación

Según la Ecuación 4 con los coeficientes de modificación según lo solicitado se tomaron diferentes valores que lo indican en la tabla 43:

Tabla 43: Coeficientes de modificación

Ciudad	Coef. Mod.	flexión	Tracción	Compresión	Compresión *	Corte
Manta	Cd	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Quito		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Manta	Cm	0,806	0,872	0,806	0,872	0,872
Quito		0,854	0,902	0,854	0,902	0,902
Manta	Ct	1	1	1	1	1
Quito		1	1	1	1	1
Manta	Cl	0,98	1	1	1	1
Quito		0,98	1	1	1	1
Manta	Cf	1,18	1	1	1	1
Quito		1,18	1	1	1	1
Manta	Cr	1	1	1	1	1
Quito		1	1	1	1	1
Manta	Cp	1	1	1	1	1
Quito		1	1	1	1	1
Manta	Cc	1	1	1	1	1
Quito		1	1	1	1	1
Manta	Fi	12,09	16,568	11,284	1,2208	1,0464
Quito		12,81	17,138	11,956	1,2628	1,0824
Manta	F'i	10,1417275	13,0025664	8,1854136	0,95808384	0,82121472
Quito		11,3856438	13,9126284	9,1893816	1,02514104	0,87869232

Fuente: Autor de la investigación

Se realizó una recaudación de coeficientes de modificación según NEC-SE-GUADUA.

Donde:

Cd: Se eligió de la tabla 8 la duración de carga permanente de acuerdo con la carga muerta de diseño.

Cm: Se reescribieron los valores de la interpolación de la tabla 34 y 35 como coeficiente de humedad.

Ct: se escogió el valor por que los elementos son articulados y la acción conjunta indica que se puede incrementar un 10 % por rigidez, pero como no es garantizada se eligió 1.

Cl: se escogió el valor a flexión porque las vigas principales serán compuestas y su relación d/b es 2.

Cf: el coeficiente de forma no viene especificado en la NEC 2015 y se basó en la Norma Colombiana Nsr-10 en el Título G “Edificaciones de madera” (pág.14).

Cr: el coeficiente por acción conjunta es 1 porque no se le incrementó la rigidez.

Cp: se escogió el coeficiente por estabilidad de columnas igual a 1.

3.CAPITULO III: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

3.1. PREDISEÑO SEGÚN LA NEC-SE-GUADUA

3.1.1. Geometría y Características

Se realizará un ejercicio de un Culmo a continuación para obtener parámetros de la Guadua de acuerdo con la NEC-2015.

Tabla 44: Geometría de un Culmo

D. exterior	10	cm	100	Mm
D. interior	6	cm	60	Mm
T (espesor)	2	cm	20	Mm
R (radio)	5	cm	50	Mm

Fuente: Autor de la investigación

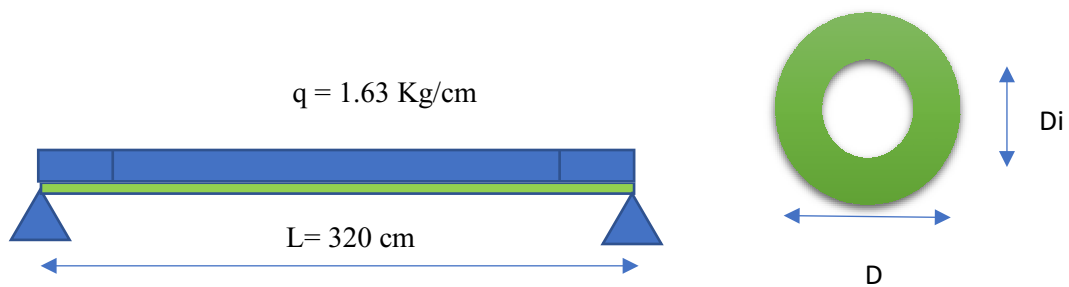


Figura 2: Viga de sección expuesta a carga

Fuente: Autor de la investigación

3.1.2. Porcentaje de conicidad.

En la Ecuación 1 expresa la identificación de la GaK para la construcción en la cual tenemos para diámetro mayor (D+) = 100mm; diámetro menor (D-) = 80mm con una longitud L=3200mm.

%con = 0.625% significa según la tabla 1 que está por encima de la Sobre Basa.

3.1.3. Inercia

$$I = \frac{\pi * D e^4}{64} - \frac{\pi * D i^4}{64} \quad (\text{Ec. 28})$$

Conociendo ya los valores de diámetro exterior e interior del Culmo obtenemos una Inercia de 427.26 cm^4 , 4241278.836 mm^4 .

3.1.4. Deflexión

De la tabla 11 para el cálculo de deflexión de un Culmo con carga uniformemente distribuida resolvemos la ecuación a continuación:

$$d = \frac{5 * (1.63 \text{ kg/cm}) * (320 \text{ cm})^4}{384 * 71431.1 \text{ kg/cm}^2 * 427.257 \text{ cm}^4} = 7.29 \text{ cm}$$

Tabla 45: Deflexión del culmo

Deflexión	7,297408357 cm	Manta
	7,159431841cm	Quito

Fuente: Autor de la investigación

Se escogió el valor de la carga por la distancia en centímetro y los módulos de elasticidad de Manta y Quito de la tabla 37 y 40 respectivamente.

La deflexión en este caso es mucho mayor que la flecha, pero se debe realizar una modificación de la viga colocándole doble Culmo en sentido “Y”.

Se le aumenta la inercia de acuerdo con su número de culmos

Inercia 2 : 3367.8 cm⁴

Para el cálculo del momento de inercia de dos secciones de culmos unidos se usa el teorema de Steiner pero el autor tomó el valor de la sección compuesta del programa estructural.

Se le calcula de nuevo la fórmula de la deflexión.



Figura 3: Aumento de culmos de vigas

Fuente: Autor de la investigación

$$d2 = \frac{5 * (1.63kg/cm) * (320cm)^4}{384 * 71431.1kg/cm^2 * 3367.8cm^4} = 0.925cm$$

Tabla 46: Deflexión del Culmo

Deflexión	0,92578 cm	Manta
	0,90828cm	Quito

Fuente: Autor de la investigación

En la Tabla 11 indica las deflexiones admisibles en cubiertas inclinadas y entrepisos.

$$\delta = 3200mm/240$$

$$\delta = 13.33mm$$

La deflexión admisible es 1.33 cm para cubiertas inclinadas y elementos de entrepiso para las cargas totales.

Se tomó en cuenta esta característica y para aumentar la inercia se colocaron secciones de vigas perimetrales de 3 culmos a peraltados en el modelo estructural.

3.1.5. Por esfuerzos admisibles a flexión

En la Ecuación 6 indica el esfuerzo a flexión según el momento y la Ecuación 7 indica la sección que se calcularán a continuación:

Momento:

$$M = \frac{1.63 \text{ kg/cm} * (320 \text{ cm})^2}{8} = 20879.36 \text{ kg} * \text{cm}$$

Sección

$$S = \frac{\pi * (10 \text{ cm})^4 - (10 \text{ cm} - 2 * 2 \text{ cm})^4}{32 * 10 \text{ cm}} = 85.4513 \text{ cm}^3$$

Esfuerzo a flexión:

$$fb = \frac{20879.36 \text{ kg*cm}}{85.4513 \text{ cm}^3} = 244.34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tabla 47: Cumplimiento según NEC ($fb \leq F'b$)

Ciudad	fb		F'b	
Quito	2,443421583	<	10,1417275	Cumple
Manta	2,443421583	<	11,3856438	cumple

Fuente: Autor de la investigación

Área Neta

En la ecuación 5 indica como calcular el área neta del Culmo:

$$A = \frac{\pi}{4} (10 \text{ cm})^2 - (10 \text{ cm} - 2 * 2 \text{ cm})^2 = 50.26 \text{ cm}^2$$

$$A = 50.2656 \text{ cm}^2 ; 5026.56 \text{ mm}^2$$

3.1.6. Por esfuerzos cortantes paralelos a las fibras

En la Ecuación 9 indica la fórmula para calcular los esfuerzos cortantes a las fibras actuantes, en la cual se utilizó la “Fuerza cortante en la sección considerada” de acuerdo con la Norma Colombiana de la Construcción (Nsr10, Título G).

Fuerza Cortante:

$$V = \frac{3}{4} F'v * \pi * r^2 \quad (\text{Ec.29})$$

F'v= Se utilizó de la tabla 43 (Esfuerzo solicitado para cortante)

Tabla 48: Fuerzas cortantes

V	4889,115 N	Manta
	5183,64 N	Quito

Fuente: Autor de la investigación

Esfuerzos cortantes paralelos a las fibras :

$$f_v = \frac{2 * 4889.12N}{3 * 50.26cm^2} \left(\frac{3 * (10cm)^2 - (6 * 10cm * 2cm) + 4 * (2cm)^2}{(10cm)^2 + 2 * 10cm * 2cm + 2 * 2cm} \right) \leq F'_v$$

Tabla 49: Esfuerzos Cortantes paralelos a las fibras

Ciudad	fv		F'v
Manta	0,80522614 MPa	<	0,82121472 MPa
Quito	0,85975783 MPa	<	0,87869232 MPa

Fuente: Autor de la investigación

3.1.7. Aplastamiento.

Según la ecuación 10 ($f_p < F_p$) se escogió F'p modificado de la tabla 43 ; y a continuación los valores:

$$f_p = \frac{3 * 4825.49N * 10cm}{2 * 2cm^2 * 320cm} \leq F_p$$

Fuerza aplicada "R": de acuerdo con F'p y Área neta.

$$R = \frac{F'_p}{A} \quad (\text{Ec. 30})$$

Tabla 50: Fuerza aplicada, sentido perpendicular a las fibras

Manta	R	4825,4976 N
Quito		5152,726656 N

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 51: Esfuerzo Actuante en compresión perpendicular

Ciudad	fp		F'p
Manta	0,56548 MPa	<	0,9580 MPa
Quito	0,6038 MPa	<	1.2514 MPa

Fuente: Autor de la investigación

3.1.8. Esfuerzos a tensión axial

Según la ecuación 11 será tomada la tensión sobre el Área Neta .

$$f_t = \frac{32679.09 N}{50.26cm^2} \leq F_t$$

Tabla 52: Fuerza de tensión axial

T	32679,0901 N
	34966,3307 N

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 53: Esfuerzo a tensión actuante en MPa

Ciudad	ft		F't
Manta	6.50 MPa	<	13.00 MPa
Quito	6.96MPa	<	13.91MPa

Fuente: Autor de la investigación

3.1.9. Longitud Efectiva

Escogeremos la longitud efectiva con la ecuación 12 y “lu” será la longitud no soportada lateralmente en la cual escogeremos la columna más larga.

$$l_e = 5000mm * 1 = 5000mm$$

3.1.10. Esbeltez

La ecuación 13 indica la esbeltez de acuerdo con la longitud efectiva sobre el radio de giro de la sección que lo indica la ecuación 14; no obstante, para secciones con dos o más culmos se utiliza la ecuación 15.

$$\lambda = \frac{5000mm}{29.15mm} = 171.498$$

Donde:

r =radio de giro según la ecuación 14 para un culmo.

$$r = \frac{\sqrt{100mm^2 + (100mm - 2 * 20mm)^2}}{4} = 29.15mm$$

Como habrá diferentes tipos de secciones de columnas se tomó en consideración la ecuación 15 para dos o más culmos

$$r = \sqrt{\frac{854.515cm^4}{50.27cm^2}} = 4.12cm \text{ o } 41.23mm$$

Para el caso de dos culmos la esbeltez queda como:

$$\lambda = 121.27$$

Según la clasificación de columnas por esbeltez de la tabla 16 se consideran columnas largas . por eso se deberá tomar en cuenta el coeficiente de esbeltez Ck según la ecuación 16.

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{7005 \text{ MPa}}{8.185 \text{ MPa}}} = 75.036$$

Columnas largas “ $C_k < \lambda < 150$ ”

$$f_c = 3,3 \frac{7005 \text{ Mpa}}{171.498 \text{ MPa}^2} < F'c$$

Tabla 54: Esfuerzo a compresión paralela.

Ciudad	fc		F'c
Manta	0.786 MPa	<	8.185 MPa
Quito	1.60 MPa	<	9.189 MPa

Fuente: Autor de la investigación

3.1.11. Elementos solicitados a flexión con tensión axial.

De la Ecuación 19 se calculará según los esfuerzos a tensión y a flexión actuantes y modificados y obtenemos:

$$\frac{6.50 \text{ MPa}}{13.00 \text{ Mpa}} + \frac{2.44 \text{ MPa}}{12.81 \text{ Mpa}} < 1,0$$

Tabla 55: Elemento solicitado a flexión con tensión axial

0,690743293	<	1	Manta
0,702102695	<	1	Quito

Fuente: Autor de la investigación

3.1.12. Elementos solicitados a flexo-compresión

De la ecuación 20 se calcula los elementos de la estructura sometidos a fuerzas de compresión y flexión.

$$\frac{0.78 \text{ MPa}}{8.185 \text{ MPa}} + \frac{-0.235 * 2.44 \text{ MPa}}{12.81 \text{ MPa}} < 1,0$$

Tabla 56: Comprobación flexo-compresión

0.050	<	1	Manta
0,055	<	1	Quito

Fuente: Autor de la investigación

Donde la Ecuación 21 y 22 indicaban:

$$K_m = \frac{1}{1 - 1,5 \left(\frac{41117.3}{11729.1} \right)} = -0.235$$

Km (Manta)=-0.235

Km (Quito) = -0.2085

Na (Manta) = 41117.3 N.

Na (Quito) = 46194.1 N.

$$N_{er} = \frac{\pi^2 * 7005 \text{MPa} * 4241278.84 \text{mm}^4}{(5000 \text{mm})^2} = 11729.1 \text{ N}$$

Ner (Manta) = 11729.1 N.

Ner (Quito) = 11955.1 N.

3.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA DE GaK

3.2.1. Descripción de la vivienda

La vivienda analizada es de carácter social propuesta por la organización no gubernamental CISP (Comitato Internazionale Per Lo Sviluppo dei Popoli) en la cual se hicieron partícipes de ayudar a la población con 20 viviendas modulares de caña Guadua Angustifolia Kunth en diferentes lugares de Manabí después del terremoto del 16 de abril del 2016 que afecto a todo el pueblo.

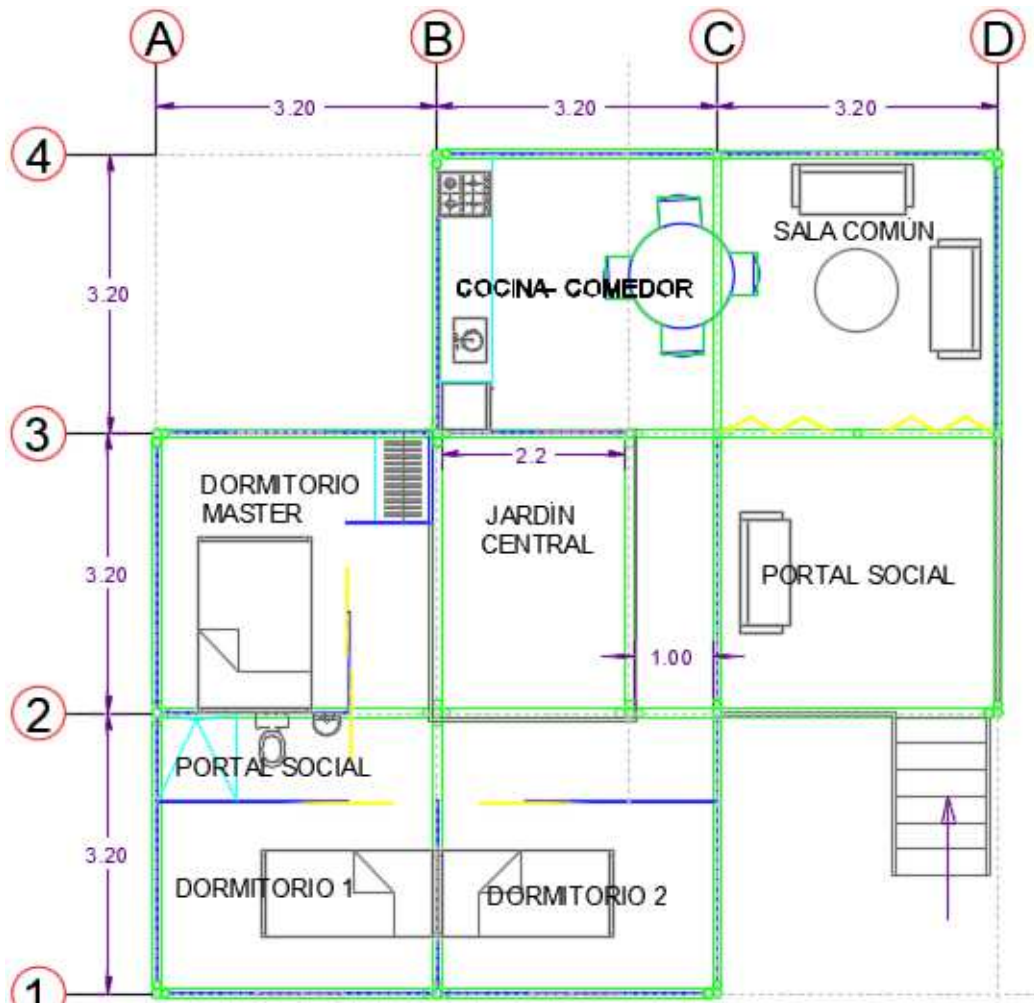


Ilustración 15: Vista en Planta de la vivienda

Fuente: (C.I.S.P., 1983)

La vivienda para analizar cuenta con 72 m² en área neta; está destinada a ayudar a personas que sufrieron pérdidas económicas en desastres naturales. Proyectando su ubicación en dos lugares de diferentes estados climatológicos del Ecuador como lo son Manta y Quito; la estructura es completamente de Caña GaK, siguiendo las normas de construcción (NEC-SE-GUADUA) se consideró usar los factores más desfavorables para darle más garantía a la estructura.

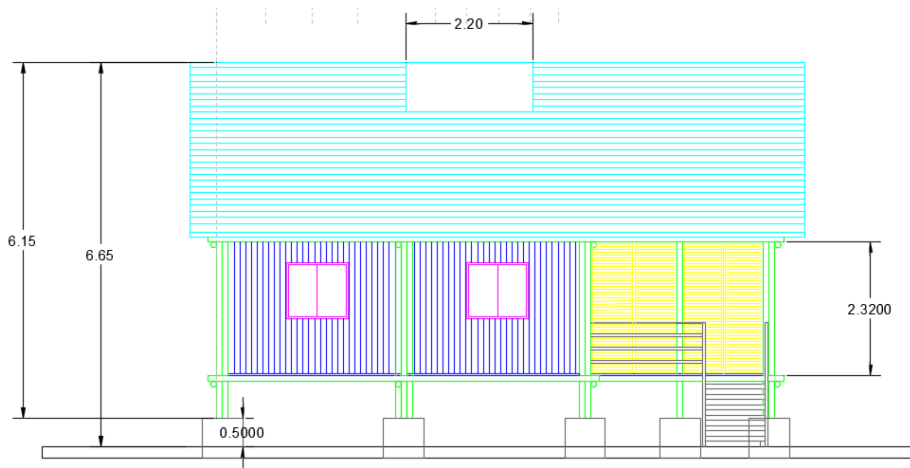


Ilustración 16: Vista Frontal de la vivienda

Fuente: (C.I.S.P., 1983)

3.2.2. Características de la vivienda para el análisis estructural:

- Ubicación: Manta-Manabí, Quito-Pichincha.
- Longitud 9.60m ancho x 9.60m largo.
- Estructura A porticada: 2 principales de 9.60 y 2 externos de 6.40.
- En la parte central forma un diafragma vacío.
- Pendiente de cubierta: 20°.
- Cubierta tiene dos caídas diferentes
- Altura máxima del pórtico 6.15m.
- Altitud sobre el nivel del mar: Manta: entre 10 a 30 msnm; Quito 2850 msnm.
- Tipos de suelos: Manta, suelo más desfavorable, Quito, suelo menos desfavorable.

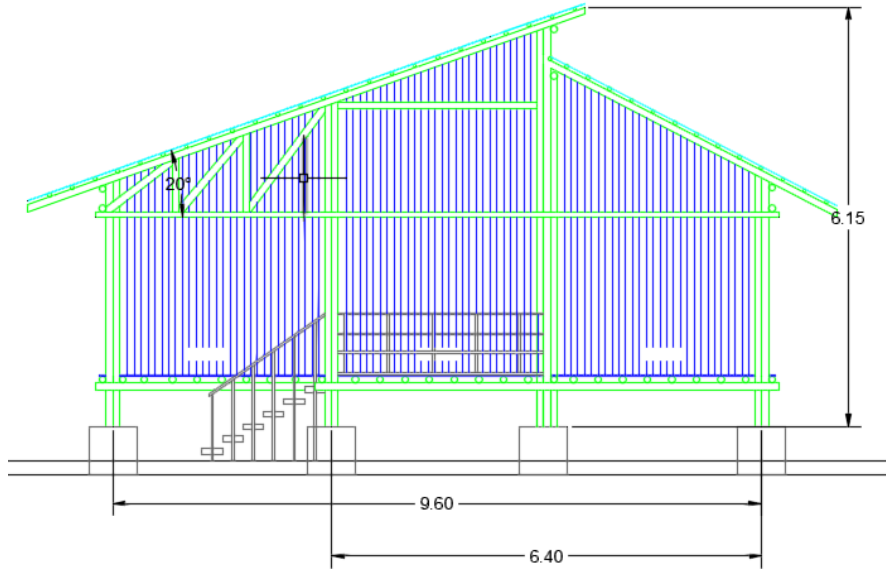


Ilustración 17: Vista lateral derecha, representación de los pórticos

Fuente: (C.I.S.P., 1983)

3.2.3. Cargas Vivas y Muertas.

- **Cargas Muertas en Cubierta**

Se calculó las cargas muerta de la cubierta mediante peso unitario de la teja , de los culmos de GaK y consideraciones extras.

Tabla 57: Carga Muerta de la Cubierta

Ítem	Descripción	Peso unitario
Teja	Acero Galvanizado de 1.3mm de espesor	0.019 kg/m ²
Instalaciones	Según Criterio	2.5 kg/m ²
Correas	Cuartones de madera	5 kg/m ²
Wt	Total	7.52kg/m ²

Fuente: Pedro Antonio Franco Vélez

El peso propio de la guadua es de 25 kg/ml. A continuación, un dibujo representativo de la cubierta y sus valores de cargas vivas y muertas

Se hizo una sumatoria del peso total más el peso muerto de la GaK y no supera los 10 kg/m² es por eso por lo que el autor aumento la carga muerta a 200 kg/m²

- **Cargas Vivas en Cubierta**

En la Tabla 18 indica la carga de uso para cubiertas en la cual es 0.7 kN/m^2 o 71.4 kg/m^2

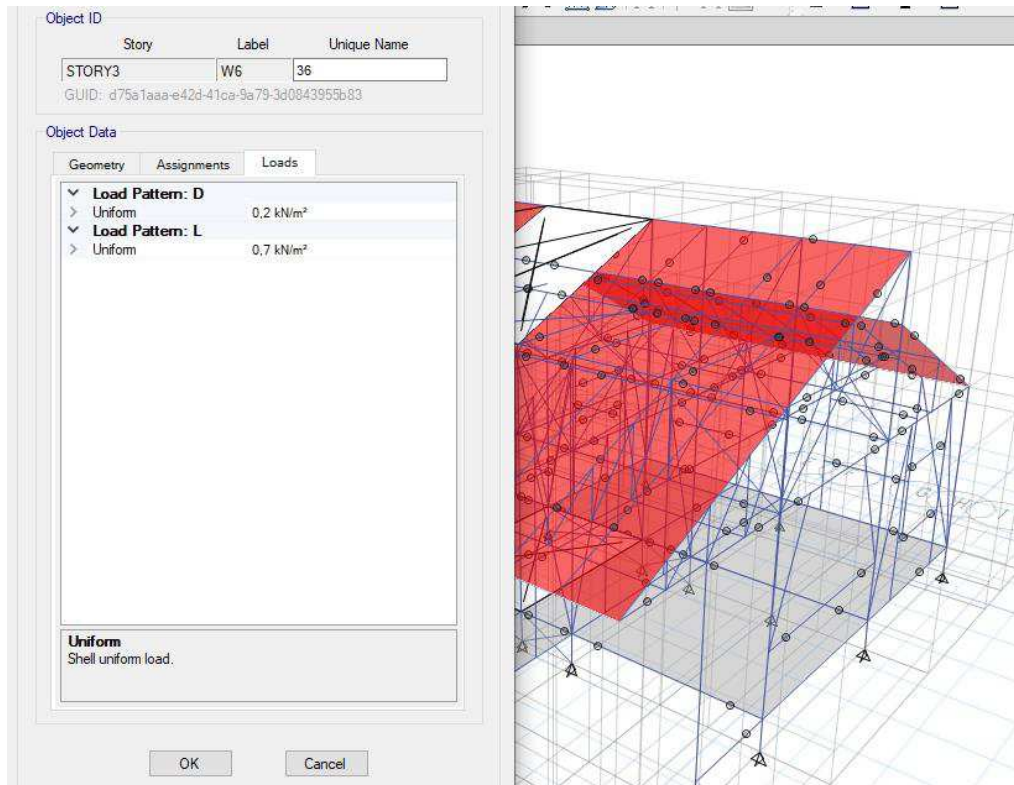


Ilustración 18: Cargas en Cubiertas

Fuente: Autor de la investigación

- **Cargas por Viento**

La ecuación 23 indica:

$$V_b = V * \sigma$$

Donde:

$V = 21 \text{ m/s}$.

$\sigma = 0.93$ (Categoría A, edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos; $h = 6.15 \text{ m}$).

$$V_b = 19.53 \text{ m/s}$$

- **Cálculo de la presión del viento**

La ecuación 24 indica:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

Donde :

$$\rho = 1.25 \text{ Kg/m}^3.$$

$$V_b = 19.53 \text{ m/s.}$$

$$C_e = 1.63.$$

$C_f = 0.6$ (Superficie inclinada 20°) Tabla 20.

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * (19.53 \text{ m/s})^2 * 1.63 * 0.6 = 223.224 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ o Pa}$$

$$P = 23 \text{ Kgf/m}^2$$

- **Cargas de Granizo**

La carga de granizo S que indica la ecuación 25:

$$S = \rho_g * H_s$$

$$\rho_g = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$H_s = 0.05 \text{ m}$$

$$S = 50 \text{ Kg/m}^2$$

- **Cargas Muertas en Piso**

Se consideró cargas muertas de piso, según la geometría del plano y el número de culmos que se utilizaron en las vigas.

Se consideró 0.025 kN/m² de la GaK y el peso propio de los tablonces de madera de Laurel en la cual su densidad es 390 kg/m³.

Se consideró una Carga Muerta de 0.25 kN/m²

- **Carga Viva en Piso.**

Según la Tabla 19 indica la carga viva en uso para Viviendas (unifamiliares y bifamiliares) es de 2.0 kN/m² es decir CV=203.9 Kgf/m².

- **Sobre Cargas Permanentes en Piso**

Se tomará en cuenta la carga que tendrá el piso de diferentes elementos no estructurales de la vivienda, escogiendo los valores más desfavorables.

Tabla 58: Sobre carga permanente

Elementos no estructurales	T/m ²
Masillado	0.044
Acabados entre piso	0.044
Paredes	0.050
Instalaciones eléctricas	0.010
Instalaciones Sanitarias	0.012
Total	0.16

Fuente: Autor de la investigación

La sobre carga permanente será de 0.16 T/m².

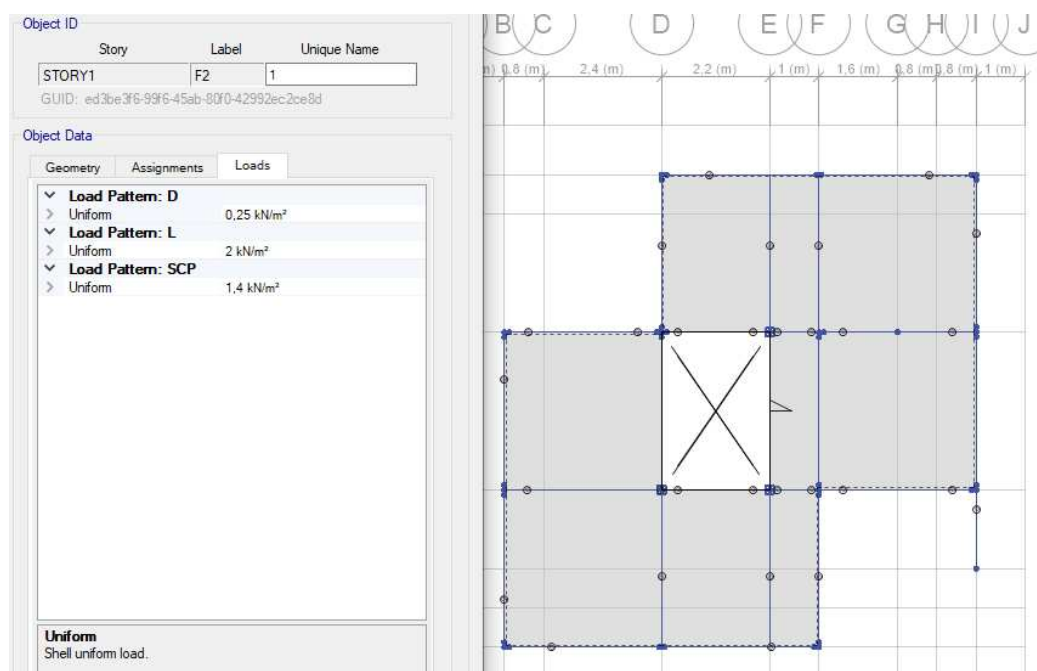


Ilustración 19: Vista lateral derecha, representación de los pórticos

Fuente: Autor de la investigación

3.2.4. Diseño de la estructura de GaK en SAP2000

Para un correcto análisis se diseñó de manera tridimensional la estructura de la vivienda en el programa computacional SAP2000.

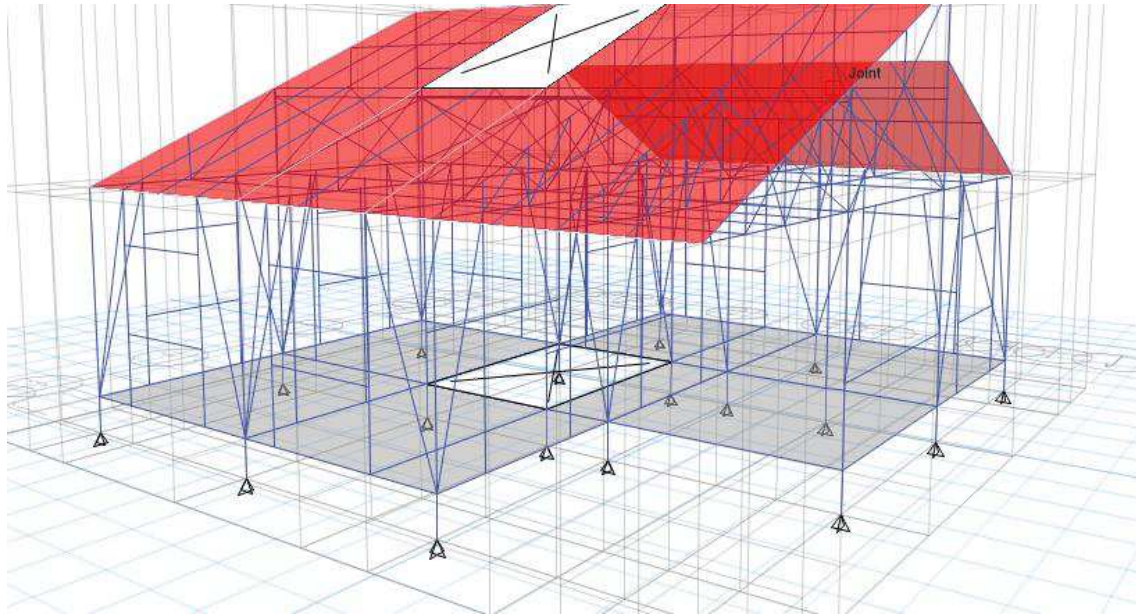


Ilustración 20: Modelo tridimensional en SAP2000

Fuente: Autor de la investigación

3.2.5. Definiciones en SAP2000

Para introducir un diseño de una estructura en el programa se debe definir el modelo con dimensiones reales, en la cual se deben tener en cuenta claramente los ejes que usarán. Se definirán las unidades. “Kgf, m, C”.

3.2.5.1. Definición del Material

Para definir el tipo de material se investigó en los capítulos de la NEC en el apartado guadua que indican las propiedades y las resistencias del material. La GaK se trabaja como un material Orto trópico; es decir que es un material que tiene propiedades mecánicas diferentes en direcciones ortogonales. Se procede a crear el material en el SAP2000.

Por medio del menú: *Define/Materials*, se observa que por defecto genera el sistema material, se da clic en *Add New Material* que genera un nuevo material en la cual las propiedades de la GaK deben ser colocadas, como módulo de elasticidad, coeficiente térmico de expansión, peso por unidad de volumen como se puede observar a continuación.

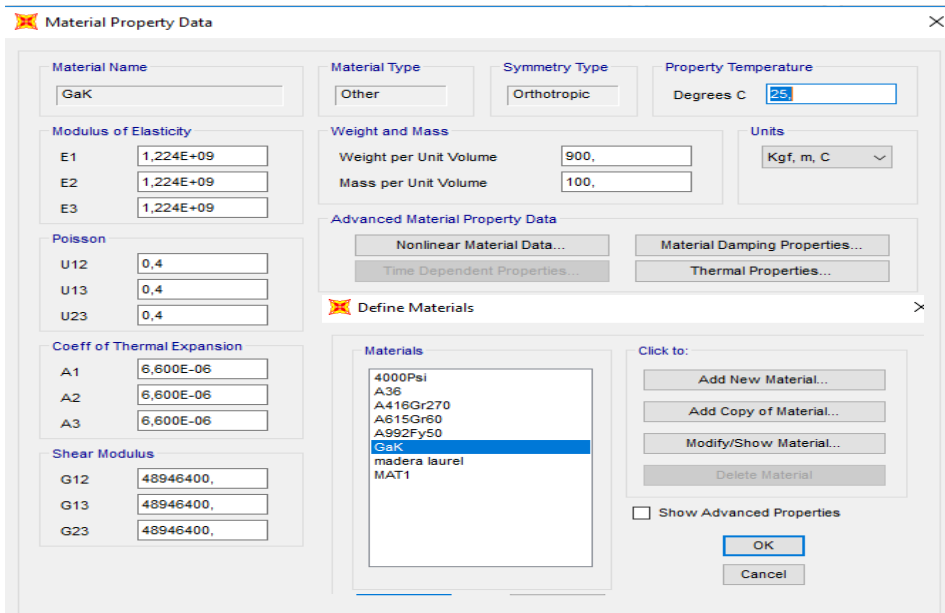


Ilustración 21: Creación del material a usar en el modelo.

Fuente: Autor de la investigación

3.2.5.2. Definiciones de secciones

Cuando se define el tipo de secciones de la estructura, se debe tomar en cuenta las posibles maneras de seccion de los culmos, en la cual se realizo cada uno de los “Frames”. En el menú; *Define/ Section Properties/Frame sections* como son secciones que se no vienen predeterminadas por el programa se debe formar una por una a continuación :

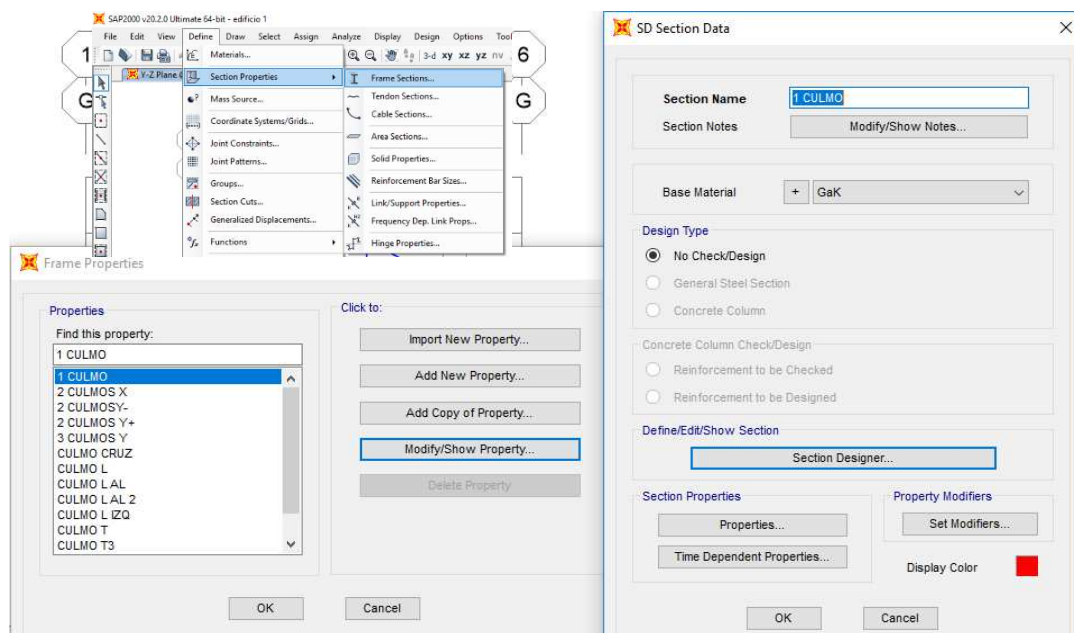


Ilustración 22:Asignación de Secciones

Fuente: Autor de la investigación

Para crear las secciones se da click en *Section Designer* en la cual ya colocandole el material se prosigue a formar la sección con tipo *Pipe* ;no obstante tomar en cuenta los puntos de ejes de la sección.

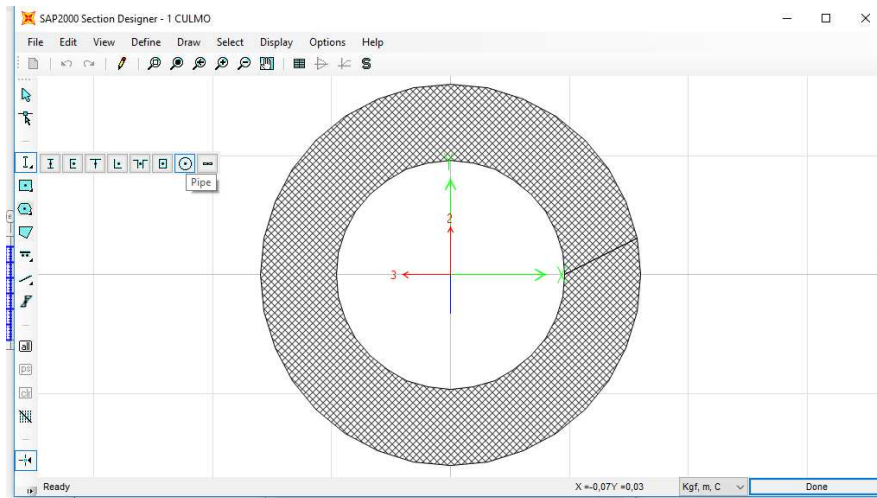


Ilustración 23: Sección de un culmo

Fuente: Autor de la investigación

3.2.5.3. Definición de las cargas principales (*Load Patterns*)

El programa genera por defecto la carga “Dead” por defecto del material pero no obstante se agrega las carga muerta (Dead “D”), carga viva (Live “L”), Carga sismica en x (Quake “Ex”), carga sismica en Y (Quake “Ey”), sobre carga permanente (SCP).

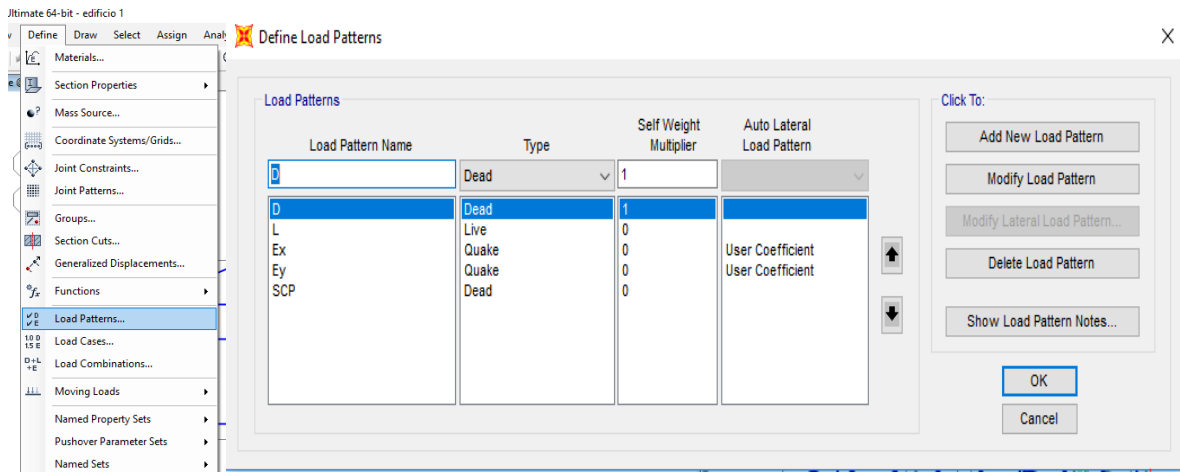


Ilustración 24: Definición de cargas principales

Fuente: Autor de la investigación

Las cargas sísmicas Ex y Ey usan coeficientes de disipación de energía “K” que se asume 1 por la Nsr 10 y por la NEC-SE-DS.

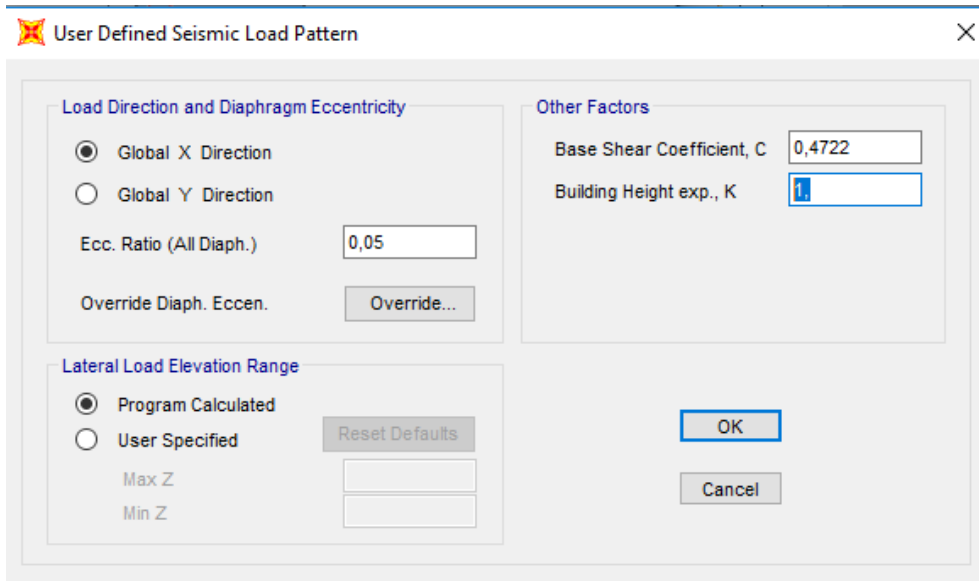


Ilustración 25: : Coeficiente de cargas sísmica Ex

Fuente: Autor de la investigación

3.2.5.4. Definiciones para casos de cargas (Load Cases)

Se hacen definiciones de casos de cargas para hacer un tipo de cargas para la aceleración de diseño de sismo en la cual indica la NEC-SE-GUADUA que es “EQx y EQy” Cargas del espectro de aceleraciones en sentido X y Y.

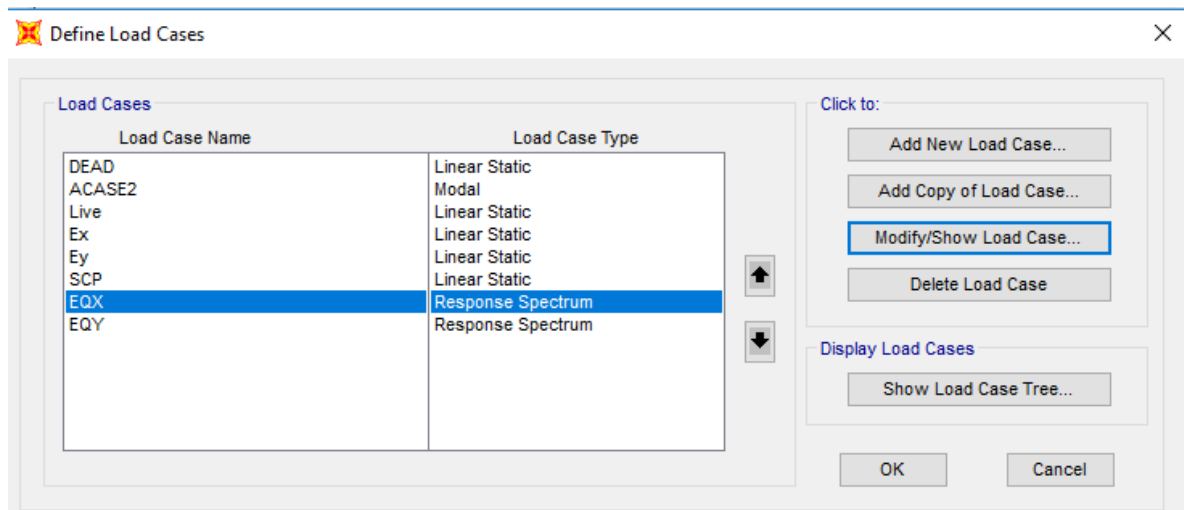


Ilustración 26: Casos de Cargas “Load Case”

Fuente: Autor de la investigación

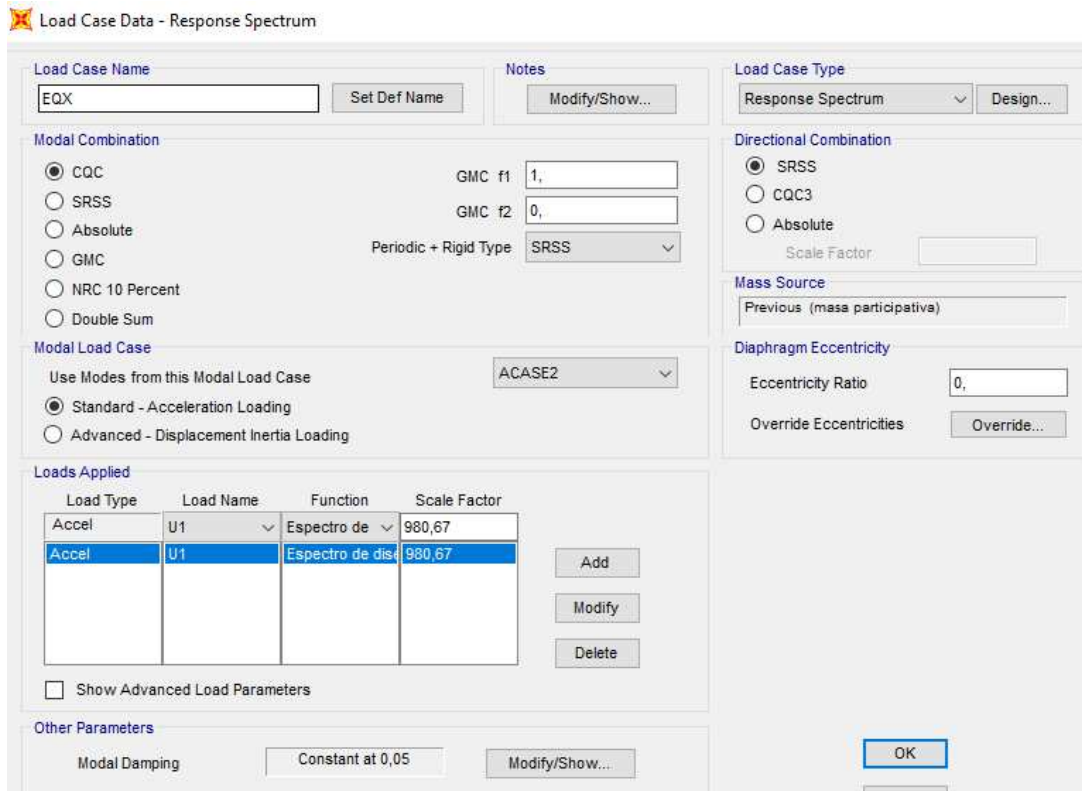


Ilustración 27: Coeficientes de Casos de Cargas “EQx”

Fuente: Autor de la investigación

A continuación, se crean los combos, en base a las cargas ya insertadas en el programa, en la Tabla 2 indica las combinaciones de cargas de acuerdo con la NEC-SE-GUADUA.

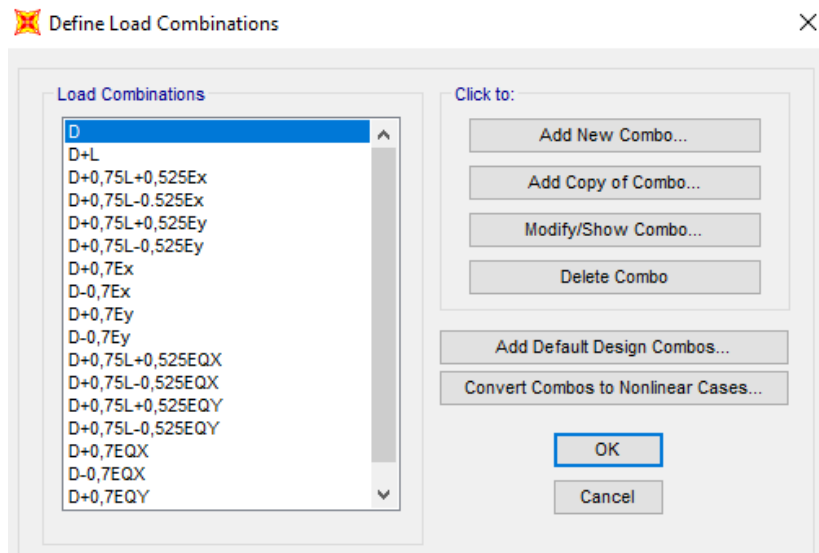


Ilustración 28: Combinaciones de cargas

Fuente: Autor de la investigación

3.2.5.5. Asignación de cargas, restricciones y limitaciones

- **Asignar cargas en elementos.**

Se asignan cargas tipo *Área Sections* en el piso y en la cubierta. Se ingresa en el programa por *menú/ Assign/ Área Loads/ Uniform (Shell)* se le agregan las cargas muertas (D), carga viva (L) y sobre carga permanente (SCP) según lo solicitado en cubierta y piso.

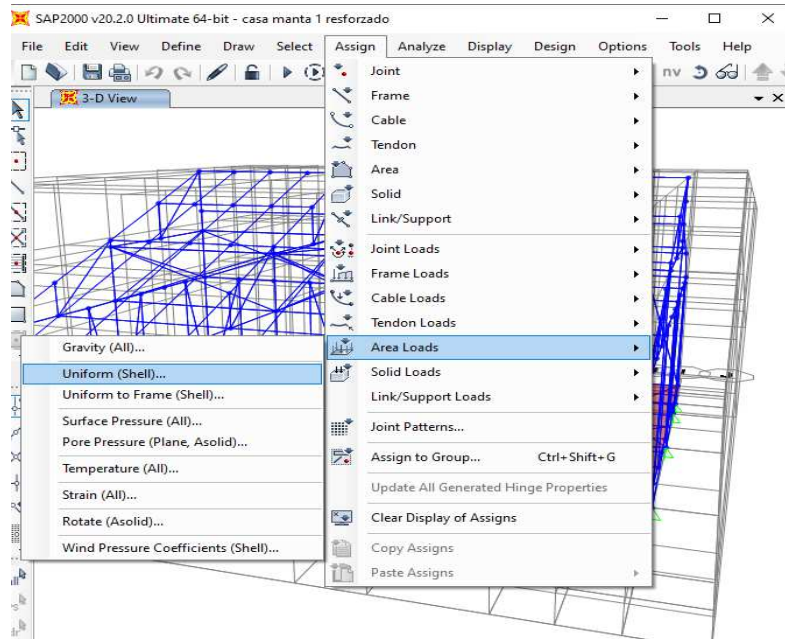


Ilustración 29: Menú asignar cargas de manera uniforme.

Fuente: Autor de la investigación

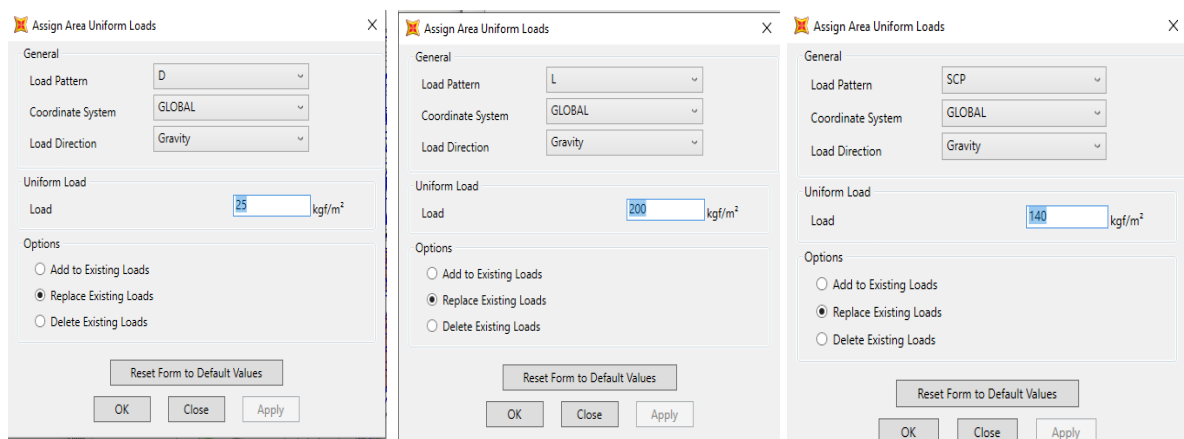


Ilustración 30: Menú asignar cargas muerta, viva y sobre carga permanente.

Fuente: Autor de la investigación

- **Asignación de restricciones.**

Se les asignan las restricciones a los pies de columna como apoyos fijos o articulada. Nos ubicamos en la cota Z=0 y se selecciona todos los nodos correspondientes; Menú/ assign / Joint/ Restraints y se selecciona Translation 1, Translation 2 y Translation 3 como se observa en la Ilustración 31.

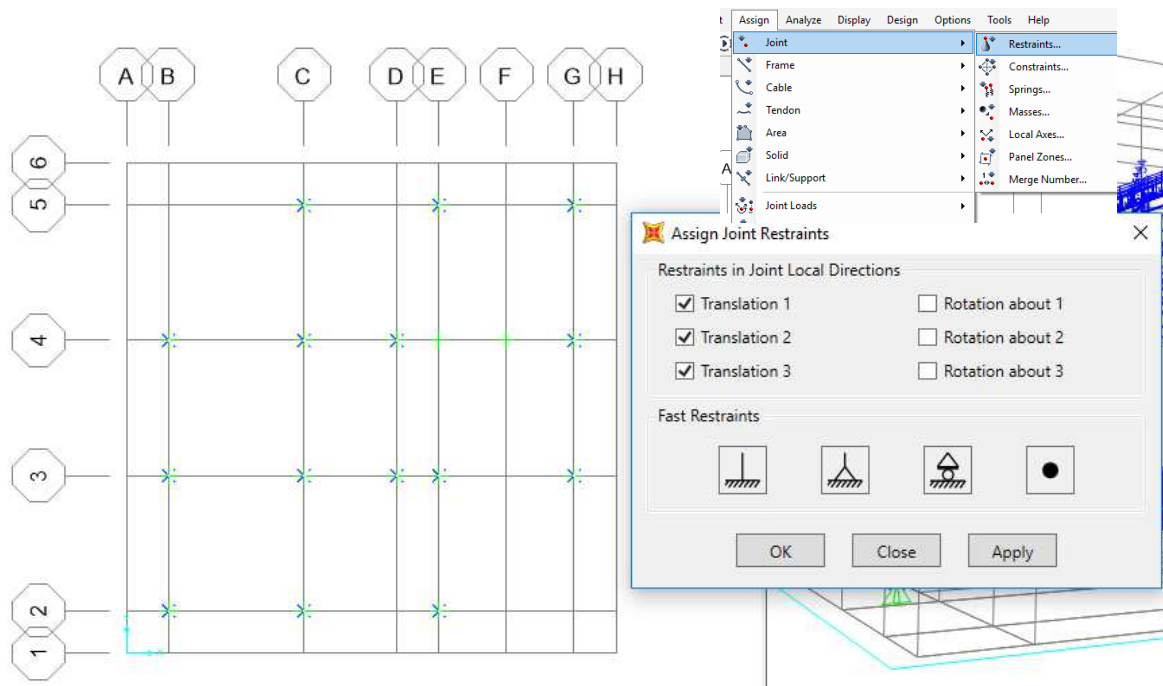


Ilustración 31: Asignación de Restricciones.

Fuente: Autor de la investigación

- **Espectro de Diseño.**

Se realiza el Espectro de diseño tomando en cuenta factores de sitio, coeficientes de seguridad, factores de reducción, etc. Para ello vamos a Menú/ Define/Functions/Response Spectrum/Add New Functions. Colocamos el código de la norma sísmica NEC-SE-DS 2015.

Se realiza el Espectro de diseño tomando en cuenta factores de sitio, coeficientes de seguridad, factores de reducción, etc. Para ello vamos a Menú/ Define/Functions/Response Spectrum/Add New Functions. Colocamos el código de la norma sísmica NEC-SE-DS 2015.

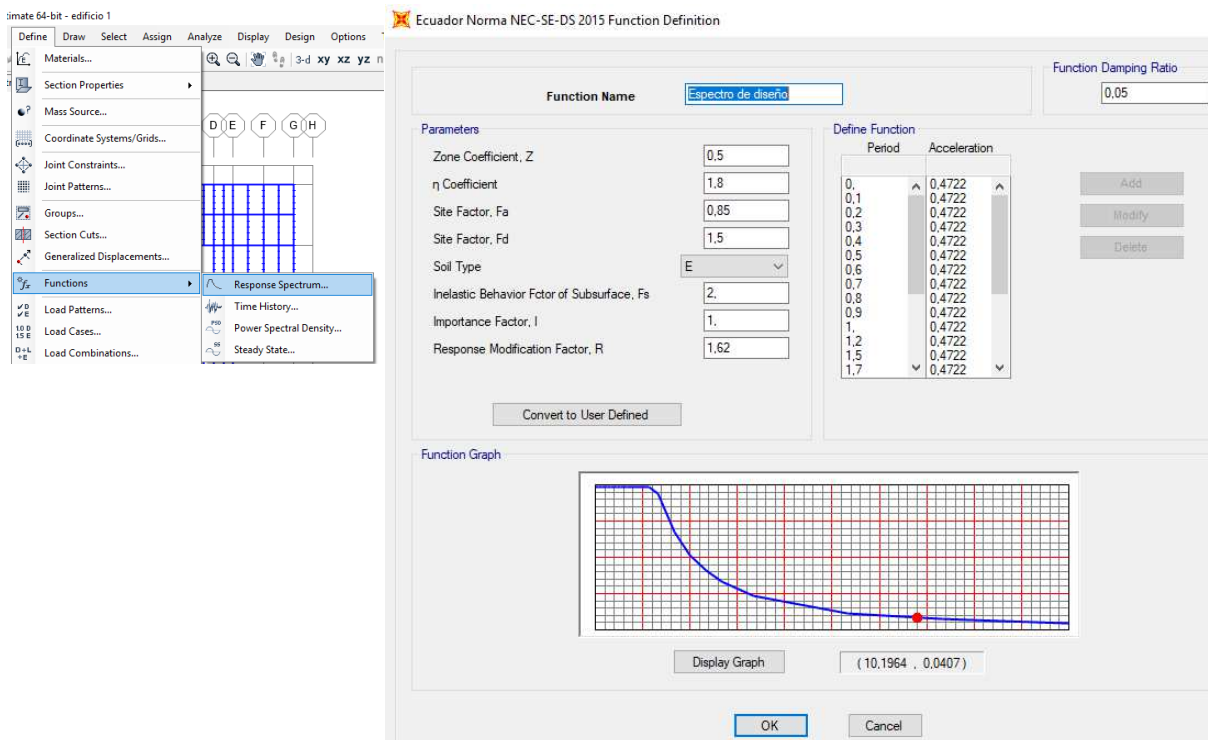


Ilustración 32: Respuesta Espectral

Fuente: Autor de la investigación

- Se escogió el valor de Z más alto según el sitio que es Manta, donde se encuentra ubicado el coeficiente de zona 0.5 según la Tabla 24 la caracterización es “Muy Alta”.
- Para el tipo de Suelo se escogió uno de los más desfavorables en la cual es el tipo “E” Según la Tabla 25 dado que el suelo en Manta es de baja resistencia por sus agregados.
- El coeficiente η respecto a la relación de amplificación espectral indica 1.80 para las Costas de Ecuador (Excepto Esmeraldas); $\eta=2.48$ para la Sierra, Esmeraldas y Galápagos. (NEC-SE-DS, pag. 34).
- Los factores F_a , F_d y F_s se consideraron de la tabla 27, 28 y respectivamente y se escogieron de acuerdo a su tipo de suelo y zona sísmica.
- El coeficiente de importancia es igual a 1 porque la estructura no tiene mas de dos pisos
- El factor de reducción en G_aK según lo aplica la norma en definición a la sección 3.2 del capítulo NEC-SE-VIVIENDA concluye que es $R=2$. No obstante se tomaron en consideraciones los factores de Irregularidad en Planta y Elevación en la cual lo indica la NEC-SE-DS (pag.51 en la tabla 13 y 14) $\phi_E=0.9$ y $\phi_P=0.9$.

Ecuación 23

$$R = 2 * \phi_E * \phi_P$$

$$R=2 \times 0.9 \times 0.9$$

$$R = 1.62$$

En el programa se escoge la sección de las normas de construcción NEC-SE-DS en la cual usa todas las ecuaciones ya mencionadas para el valor de la Aceleración Espectral.

- **Restringir Momentos**

Se liberan los nodos del pórtico para que el programa calcule los esfuerzos y se restringen los momentos extremos. Menú/assing/raleases/

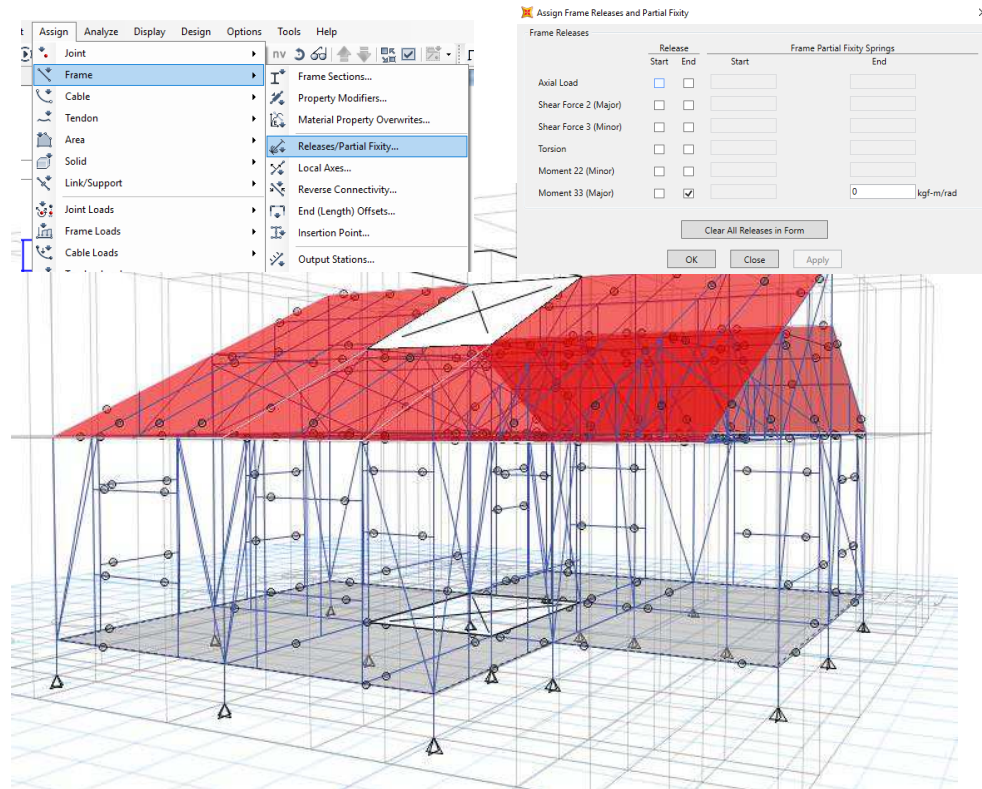


Ilustración 33: Liberación de rigidez en momentos

Fuente: Autor de la investigación

En la selección se eligieron las vigas perimetrales como primarias y las otras secundarias en el piso, en la cual se lo realiza con el fin de asignar una separación de la viga en el comienzo o final del momento 33 de esta manera se le indica al programa que no habrá uniones completamente rígidas y no habrá una encima de otra.

3.2.6 Análisis del modelo

Luego de introducir todos los valores de acuerdo con las normas, para que actúe el programa en la estructura se debe seguir Menú/Analyze/Run Analysis, en la cual procederemos a correr el programa Run Now.

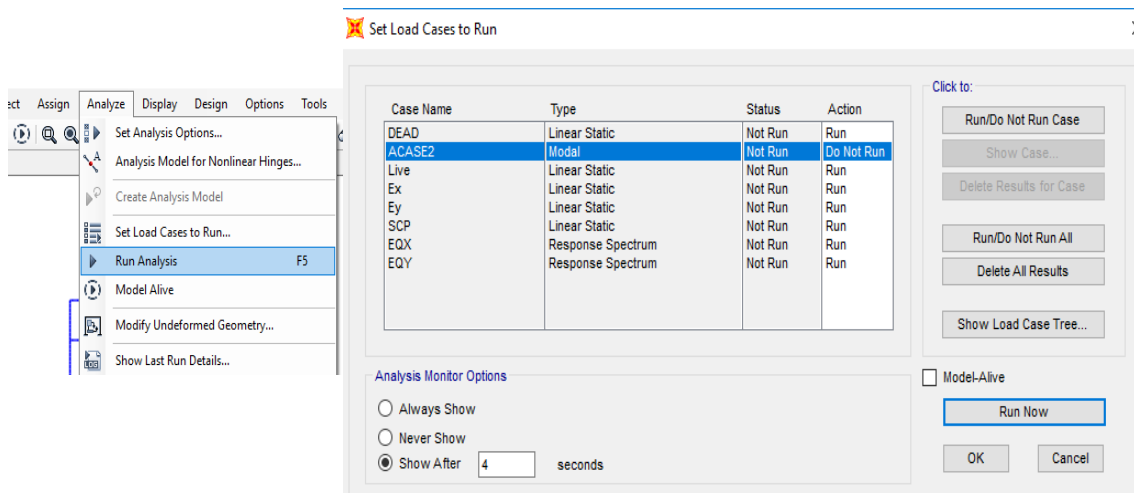


Ilustración 34: Correr el Programa

Fuente: Autor de la investigación

Luego de correr el programa se selecciona el menú Display/Show Tables donde se genera la selección de un sin número de casilleros, donde analizaremos los resultados en Analysis Results, y se selecciona Joint Output y Element Output, se seleccionan todas las combinaciones de cargas que queremos analizar.

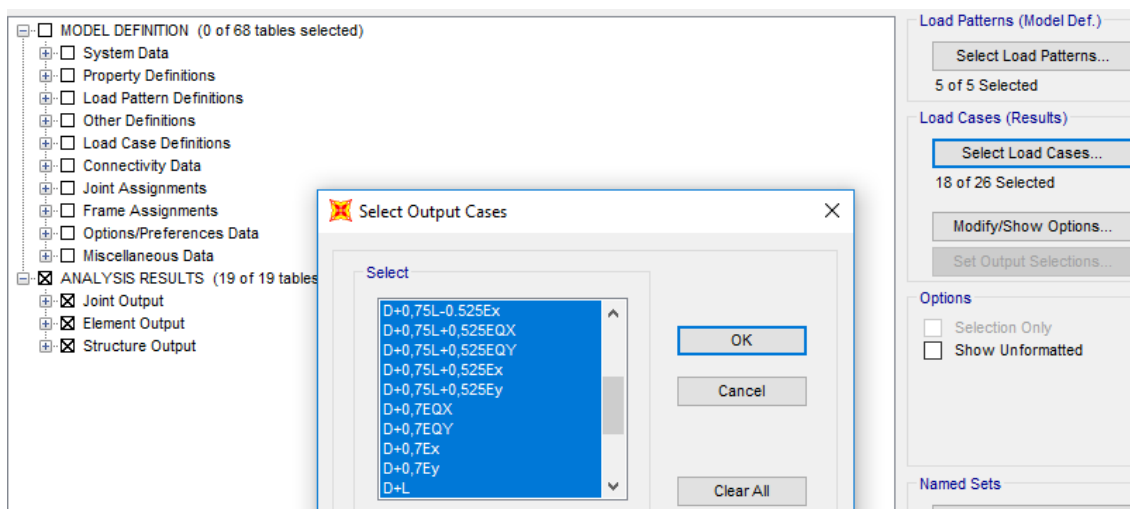


Ilustración 35: Selección de combinaciones de cargas

Fuente: Autor de la investigación

Se obtienen a continuación los valores de desplazamientos en la cual se observa que son valores bastantes pequeños; no obstante, se deberá hacer una revisión en algunos parámetros para la comprobación del análisis.

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	D	Combination		-0,00165	-0,001913	-0,003408	-0,008991	1,1E-05	-0,000202
1	D+L	Combination		-0,004046	-0,007689	-0,015382	-0,0503	4,5E-05	-0,000475
1	D+0,75L+0,...	Combination		0,081192	-0,014915	-0,025486	-0,082113	-3,8E-05	-0,00132
1	D+0,75L+0,5...	Combination		-0,088086	0,002426	0,00071	0,002168	0,000111	0,000506
1	D+0,75L+0,...	Combination		0,013881	0,072421	-0,02486	-0,085002	3,7E-05	0,004112
1	D+0,75L+0,5...	Combination		-0,020775	-0,084911	8,4E-05	0,005057	3,6E-05	-0,004926
1	D+0,7Ex	Combination		0,111202	-0,013474	-0,020872	-0,065178	-8,8E-05	-0,001419
1	D-0,7Ex	Combination		-0,114502	0,009648	0,014056	0,047197	0,00011	0,001015
1	D+0,7Ey	Combination		0,021454	0,102975	-0,020038	-0,06903	1,2E-05	0,005824
1	D-0,7Ey	Combination		-0,024754	-0,106801	0,013221	0,051048	9,996E-06	-0,006227
1	D+0,75L+0,...	Combination	Max	0,033588	0,002115	-0,011793	-0,037842	0,000114	0,000581
1	D+0,75L+0,...	Combination	Min	-0,040482	-0,014605	-0,012983	-0,042103	-4E-05	-0,001395
1	D+0,75L+0,5...	Combination	Max	0,033588	0,002115	-0,011793	-0,037842	0,000114	0,000581
1	D+0,75L+0,5...	Combination	Min	-0,040482	-0,014605	-0,012983	-0,042103	-4E-05	-0,001395
1	D+0,75L+0,...	Combination	Max	0,021962	0,031437	-0,011337	-0,036418	0,000126	0,0038
1	D+0,75L+0,...	Combination	Min	-0,028856	-0,043927	-0,013439	-0,043527	-5,2E-05	-0,004614
1	D+0,75L+0,5...	Combination	Max	0,021962	0,031437	-0,011337	-0,036418	0,000126	0,0038
1	D+0,75L+0,5...	Combination	Min	-0,028856	-0,043927	-0,013439	-0,043527	-5,2E-05	-0,004614
1	D+0,7EQX	Combination	Max	0,04773	0,009233	-0,002615	-0,00615	0,000114	0,001116
1	D+0,7EQX	Combination	Min	-0,05103	-0,013059	-0,004202	-0,011831	-9,2E-05	-0,00152
1	D-0,7EQX	Combination	Max	0,04773	0,009233	-0,002615	-0,00615	0,000114	0,001116
1	D-0,7EQX	Combination	Min	-0,05103	-0,013059	-0,004202	-0,011831	-9,2E-05	-0,00152
1	D+0,7EQY	Combination	Max	0,031018	0,043344	-0,01395	-0,04557	0,000161	0,005281
1	D+0,7EQY	Combination	Min	-0,036739	-0,057142	-0,016753	-0,055048	-7,6E-05	-0,005938
1	D-0,7EQY	Combination	Max	0,032228	0,04833	-0,002007	-0,004252	0,00013	0,005408

Ilustración 36: Tablas de Resultados de Desplazamientos

Fuente: Autor de la investigación

3.3. Análisis Comparativo

Una gran parte de esta investigación es realizar un análisis comparativo entre dos ciudades diferentes del Ecuador y para poder saber cómo se comportará la misma vivienda en dos lugares diferentes, pero se consideran otros valores para el análisis estructural respecto al sitio y al contenido de humedad.

3.3.1. Zonas Sísmica

Para la Ciudad de Manta se escogió una zona sísmica bastante desfavorable porque en la Ilustración 7 indica el color rojo intenso que significa que está en una caracterización de peligro sísmico “Muy Alta” en su territorio sísmico; en la tabla 23 indica la zona sísmica “VI” y un valor de mayor o igual a 0.50.

Para la Ciudad de Quito se escogió una zona sísmica desfavorable porque en la Ilustración 7 indica el color anaranjado que significa que está en una caracterización de peligro sísmico “Alta” en su territorio sísmico; en la tabla 23 indica la zona sísmica “V” y un valor de mayor o igual a 0.40.

3.3.2. Tipos de Suelos

Para la Ciudad de Manta se eligió un tipo de suelo tipo “E” en la cual indica la tabla 24 Para la Ciudad de Quito se eligió un tipo de suelo tipo “D” por ser en lugar montañoso rígido. En la cual indica la tabla 25.

3.3.3. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto; en la tabla 27 indica de acuerdo con el tipo de suelo y la zona sísmica donde se encuentra para Quito se escogió un valor de 1.2 y para Manta un valor de 0.85.

Fd: Amplificación de las ordenadas elásticas de respuesta de desplazamiento para diseño en roca. Se escogió de la tabla 28 el valor para Quito de 1.19 y para Manta un valor de 1.5 .

Fs: Comportamiento no lineal de los suelos con el coeficiente se considera el comportamiento no lineal de los suelos; se escogió de la tabla 29 el valor de 1.28 para Quito y para Manta un valor de 2.

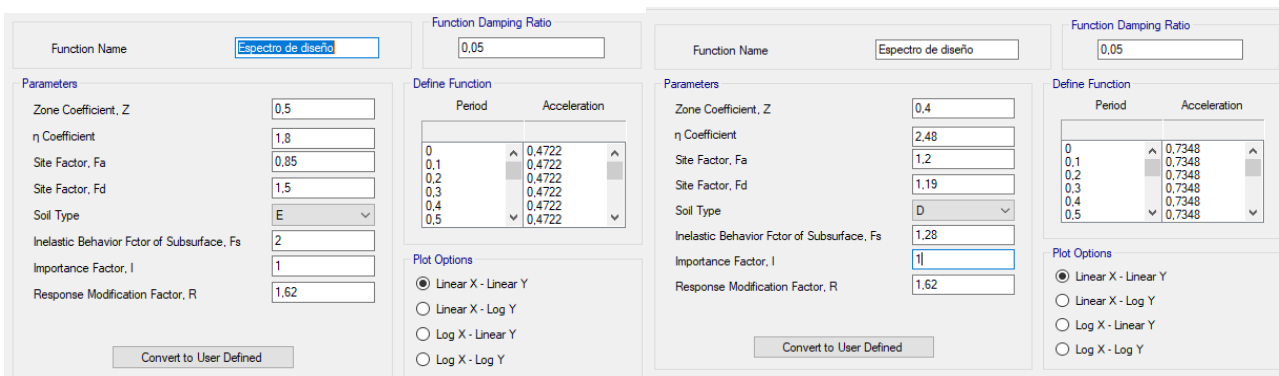


Ilustración 37: Espectro de Diseño para Manta y Quito

Fuente: Autor de la investigación

3.3.4. Cálculo de cortante basal de diseño (coeficiente sísmico)

De acuerdo con la ecuación 26 del apartado 2.3.3.2. de cortante basal “V”, valor que se usa en el análisis del programa en la cual se tomará en cuenta para las dos ciudades establecidas, Manta y Quito.

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_p\phi_E}$$

Datos:

Factor I=1 (destinada para departamentos).

Factor R=2 (para estructuras de GaK).

Debido que es una estructura asimétrica y con dificultades geométricas por sus aberturas en losa y en cubierta, se tomará un coeficiente de configuración en planta y en elevación $\phi_p = 0.9$ y $\phi_E = 0.9$. (NEC-SE-DS)

3.3.4.1. Determinación de espectro de respuesta (Sa)

Para determinar los límites del espectro de respuesta Sa en Manta se debe determinar el periodo Tc según indica la Ilustración 8 mostrada en el capítulo 2 literal 2.3.3.3.

$$T_c = 0.55x f_s \frac{fd}{fa} = 0.55x 2x \frac{1.5}{0.85} = 1.941$$

Datos:

Para un suelo tipo E

Fa= 0.85 (Tabla 27).

Fd= 1.5 (Tabla 28).

Fs.= 2 (Tabla 29).

El periodo de vibración calculado se encuentra entre 0 y 1.94 por lo tanto se aplica la ecuación 27.

$$S_a = \eta Z F_a = 1.8x 0.5x 0.85 = 0.765$$

Datos:

$\eta = 1.8$ (para provincia de la Costa; Manta).

Z= 0.5 (para Manta, suelo sísmico).

Fa= 0.85 .

Finalmente reemplazando la ecuación del cortante basal obtenemos el coeficiente sísmico de :

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_p\phi_E} = \frac{1x0.765}{2x0.9x0.9} = 0.4722$$

Para determinar los límites del espectro de respuesta Sa en Quito se debe determinar el periodo Tc según indica la Ilustración 8 mostrada en el capítulo 2 literal 2.3.3.3.

$$T_c = 0.55x f_s \frac{fd}{fa} = 0.55x 1.28x \frac{1.19}{1.2} = 0.698$$

Datos:

Para un suelo tipo D.

Fa= 1.2 (Tabla 27).

Fd= 1.19 (Tabla 28).

Fs.= 1.28 (Tabla 29).

El periodo de vibración calculado se encuentra entre 0 y 1.94 por lo tanto se aplica la ecuación 27

$$S_a = \eta Z F_a = 2.48 \times 0.4 \times 1.2 = 1.19$$

Datos:

$\eta = 2.48$ (para provincia de la Sierra; Quito).

$Z = 0.4$ (para Quito, suelo sísmico).

Fa= 1.2.

Finalmente reemplazando la ecuación del cortante basal obtenemos el coeficiente sísmico de :

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_p\phi_E} = \frac{1 \times 1.19}{2 \times 0.9 \times 0.9} = 0.7346$$

Para sacar el cortante basal completo con el peso de la estructura se multiplica el valor del coeficiente con el peso $V=C \times W$

Tabla 59: Equivalencia de fuerzas laterales

Dirección	Periodo usado	C	W (kN)	V(kN)
X+Ecc.Y	0 a 1.94	0.4722	192.267	90.7885
Y+Ecc.X	0 a 1.94	0.4722	192.267	90.7885

Fuente :ETABS

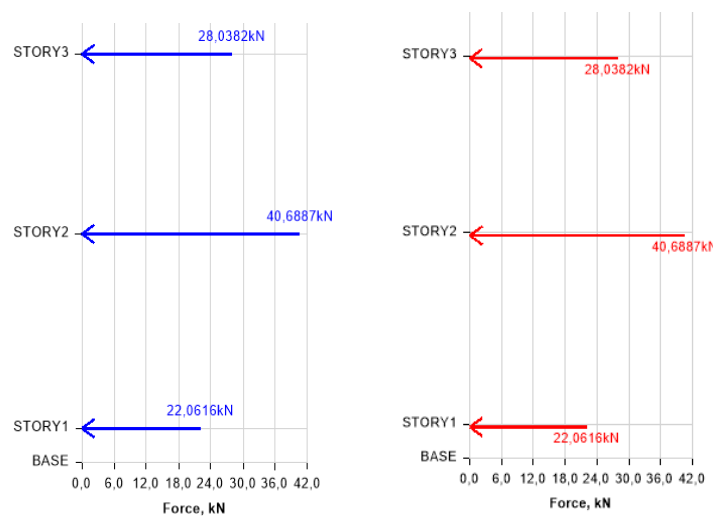


Ilustración 38 : Fuerzas verticales en cada piso X y Y

Fuente: Autor de la investigación

3.3.5. Análisis de los resultados.

El autor consideró oportuno hacer pruebas en el programa dando énfasis en los valores físico mecánico del material que indica la NEC-SE-GUADUA en la cual se usaran la tabla 38 y la tabla 41 respectivamente para Quito y Manta en la cual se tomó todos los coeficientes de modificaciones suponiendo que la GaK haya sido extraída desde el mismo sitio. También se consideraron ensayos realizado en Quito por un grupo de estudiantes de la Ing. Paulina Viera y una investigación de parte de el Ing. Darío Páez con su estudiante la Srta. Gema Verduga ; se usarán los valores del apartado 2.4. “Estudios en laboratorios” En la tabla 59 se observarán los valores respectivos a usar según la definición del material en el programa.

Tabla 60: Análisis Comparativo de las propiedades mecánicas de la GaK según la NEC y los laboratorios.

NEC	MANTA	QUITO
DENSIDAD	900 Kg/m ³	700 kg/m ³
MODULO DE ELASTICIDAD	11208 MPa	10824 MPa
MODULO DE CORTE	448.32 MPa	432.96 MPa
ENSAYOS LABORATORIO	MANTA (CHONE)	QUITO (SANT.DOMINGO)
DENSIDAD	620 Kg/m ³	700 kg/m ³
MODULO DE ELASTICIDAD	10387.5MPa	10250MPa
MODULO DE CORTE	415.48MPa	410MPa

Fuente: Autor de la investigación

3.4. Vivienda determinada por el CISP

Se determinó en el Capítulo 3 la geometría de la vivienda diseñada por el CISP en la cual se modeló en el programa las mismas características del diseño para parecer lo más posible a la realidad como lo indica en la Ilustración 38, dado que esta investigación es basada en el comportamiento físico mecánico de la estructura en suposición que estén ubicadas en Quito y Manta.

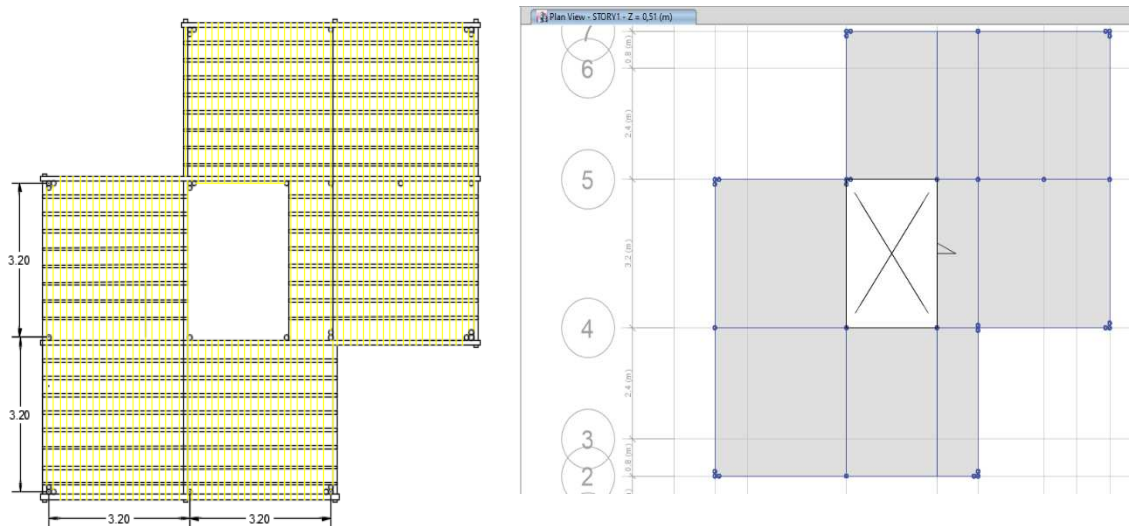


Ilustración 39: Igualdad Geométrica al diseño original.

Fuente: Autor de la investigación

La vivienda se modeló como si tuviera 3 pisos STORY1 , STORY 2 y STORY 3 en la cual $S1= 0.51m$, $S2 = 2.93m$ y $S3= 2.7 m$; se lo realizó de esa manera con el fin de obtener mejores resultados en la visualización de las tablas . La ilustración 39 indica como es la representación.

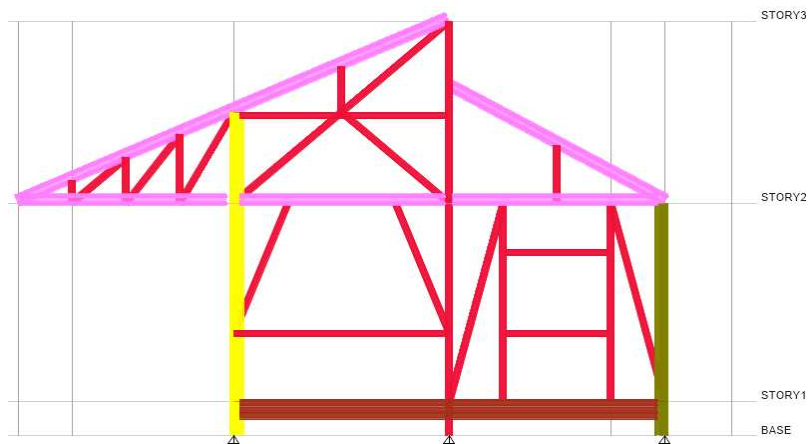


Ilustración 40: Vista lateral derecha del pre- modelamiento de la vivienda.

Fuente: Autor de la investigación

3.4.1. Pre-revisión de derivas.

Se obtendrá del Etabs-2016 una gráfica donde indicará la deriva de piso según el Sismo en sentido X y en sentido Y de las dos ciudades, Manta y Quito.

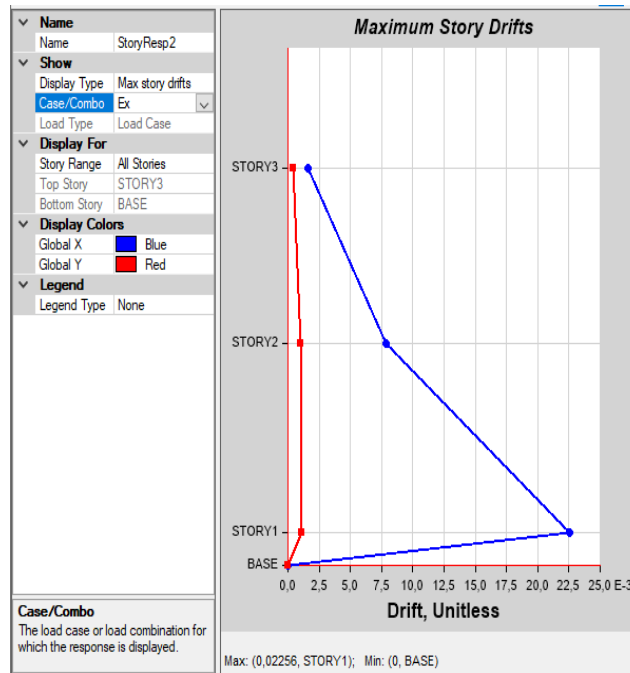


Ilustración 41: Máxima deriva en sentido X de la vivienda en Manta.

Fuente: Autor de la investigación

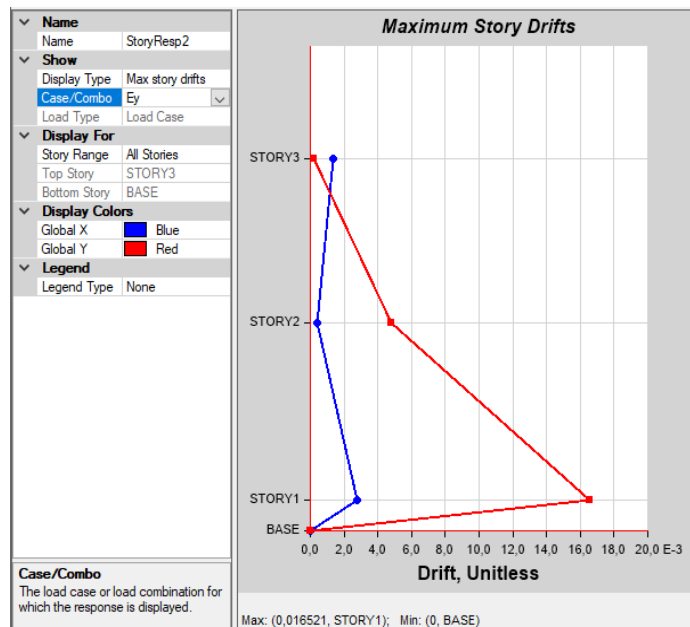


Ilustración 42: Máxima deriva en sentido Y de la ciudad de Manta.

Fuente: Autor de la investigación

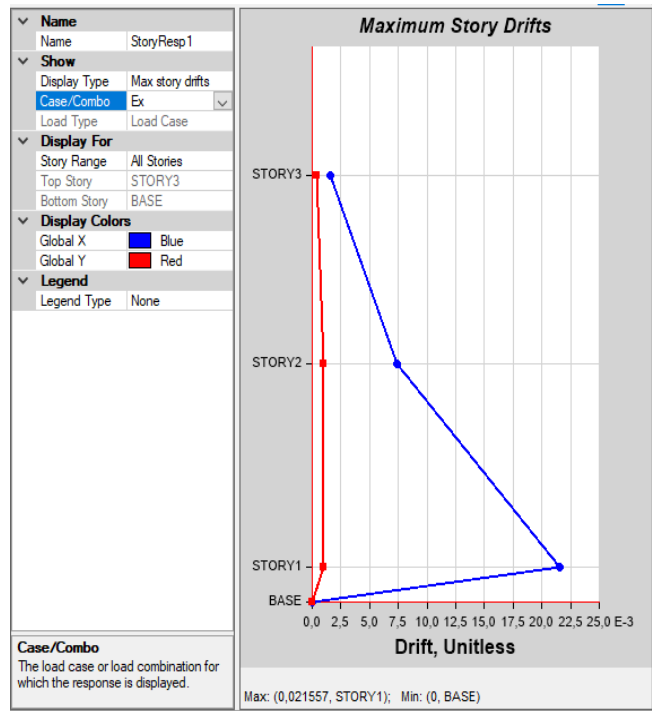


Ilustración 43: Máxima deriva en sentido x de la vivienda en Quito

Fuente: Autor de la investigación

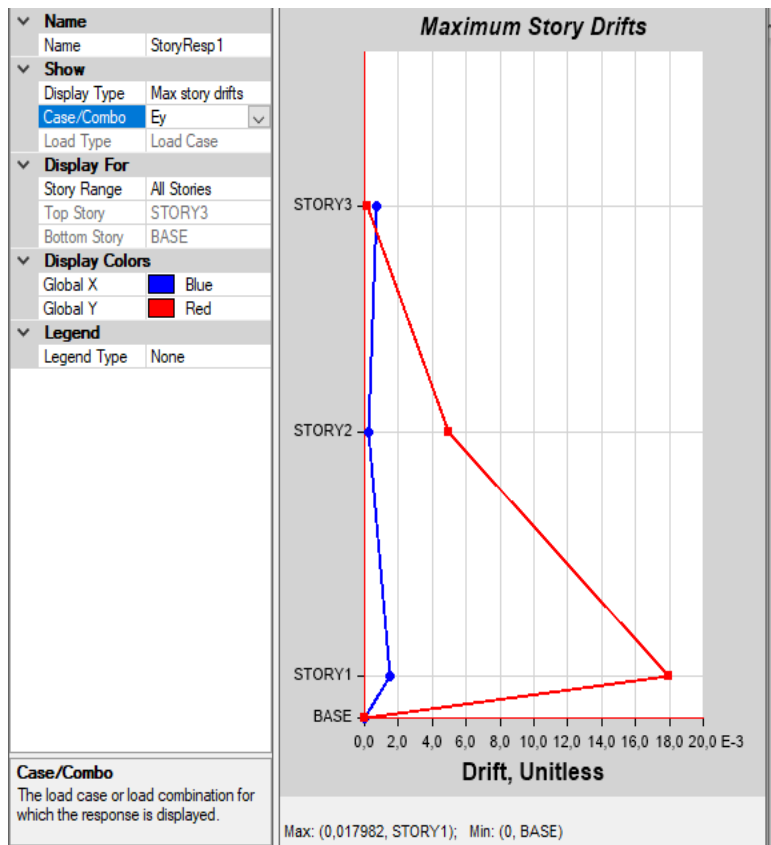


Ilustración 44: Máxima deriva en sentido Y de la vivienda en Quito.

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 61: Comparativa de derivas

	Manta	%Deriva	Quito	% Deriva
Sentido X	0.02256	3.38%	0.02155	3.23%
Sentido Y	0.01652	2.478%	0.01798	2.69%

Fuente: Autor de la investigación

De las ilustraciones se observan las derivas máximas según Ex y Ey para ambas ciudades en la cual se multiplica $0.02256 * 0.75 * 2 * 100\% = 3.38\%$.

Los porcentajes de Derivas exceden el 2% indicado, es decir que se deben hacer modificaciones en la estructura.

3.4.2. Pre-revisión de los modos de vibración.

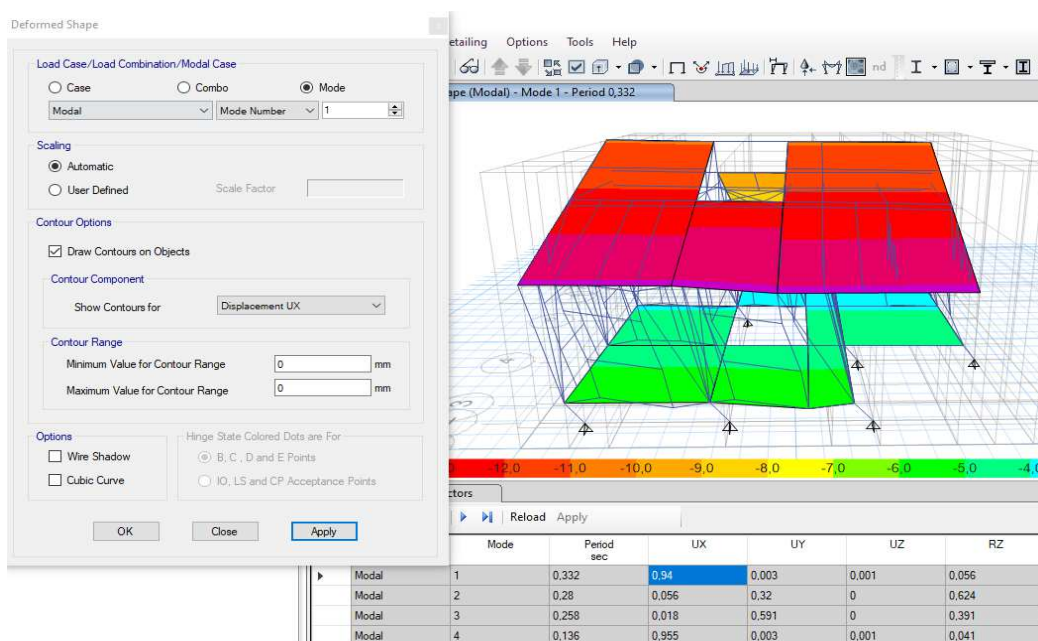


Ilustración 45: Primer modo de vibración de la ciudad de Manta

Fuente: Autor de la investigación

En la Ilustración 44 indica como en el primer modo de vibración la estructura se desplaza en Ux 0.94 con un periodo de vibración 0.332. Se observa que tendrá la rotación bastante elevada RZ en el modo 2 de 0.624.

Tabla 62: Factores de dirección Modal para la ciudad de Manta

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,332	0,94	0,003	0,001	0,056
Modal	2	0,28	0,056	0,32	0	0,624
Modal	3	0,258	0,018	0,591	0	0,391
Modal	4	0,136	0,955	0,003	0,001	0,041
Modal	5	0,12	0,004	0,84	0	0,155

Modal	6	0,109	0,018	0,036	0,001	0,945
Modal	7	0,077	0,236	0,034	0,151	0,58
Modal	8	0,072	0,32	0,002	0,014	0,663
Modal	9	0,04	0,03	0,177	0,154	0,639
Modal	10	0,031	0,044	0,013	0,793	0,15
Modal	11	0,028	0,035	0,003	0,897	0,065
Modal	12	0,018	0,011	0,004	0,768	0,217

Fuente: Autor de la investigación

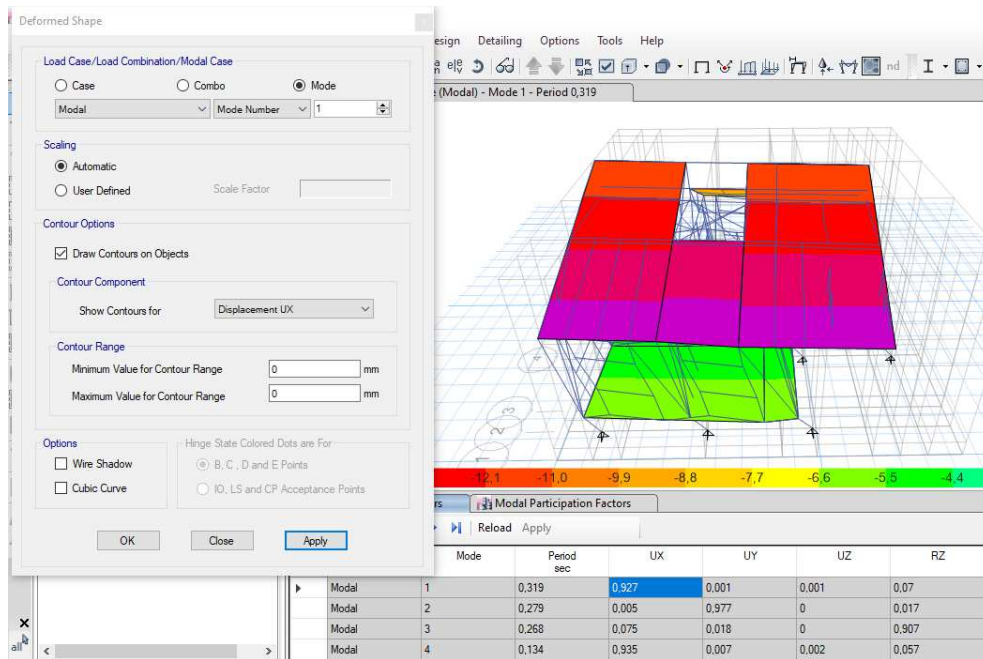


Ilustración 46: Primer modo de vibración de la ciudad de Quito

Fuente: Autor de la investigación

En la Ilustración 45 indica como en el primer modo de vibración la estructura se desplaza en Ux 0.927 con un periodo de vibración 0.319.

Tabla 63: Factores de dirección Modal para la ciudad de Quito.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,319	0,927	0,001	0,001	0,07
Modal	2	0,279	0,005	0,977	0	0,017
Modal	3	0,268	0,075	0,018	0	0,907
Modal	4	0,134	0,935	0,007	0,002	0,057
Modal	5	0,122	0,006	0,96	0,001	0,033
Modal	6	0,112	0,024	0,007	0,001	0,968
Modal	7	0,074	0,315	0,026	0,103	0,556
Modal	8	0,067	0,325	0,005	0,239	0,431
Modal	9	0,042	0,184	0,193	0,458	0,165
Modal	10	0,03	0,003	0,058	0,796	0,143
Modal	11	0,027	0,051	0,001	0,763	0,186

Modal	12	0,02	0,063	0,006	0,475	0,456
-------	----	------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Autor de la investigación

3.4.3. Resultados del Análisis vivienda CISP.

Como se puede observar en la tabla 61 las derivas máximas en sentido X y sentido Y de las dos ciudades obtenemos más porcentaje de deriva que en el sentido X, esto se debe por la geometría irregular y por las aberturas excesivas en losa y techo; además de esos inconvenientes se debe considerar también el volado en el tejado de la entrada de la vivienda.

Al analizar los modos de vibración en el apartado anterior 3.5.1.2. en cual encontramos que los periodos para Manta fueron un poco mayores por su ubicación geográfica como indica NEC-SE-DS. Se encontró que los desplazamientos UX para Manta y Quito fueron similares en el modo 1; en el modo 2 en el desplazamiento UY el desplazamiento para Manta fue menor que el de Quito con 0.977. En rotación RZ Manta obtuvo en el modo 2 un valor mayor que en Quito.

Tabla 64: Comparación de los 3 primeros modos de vibración entre ciudad.

Ciudad	Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
			sec				
MANTA	Modal	1	0,332	0,94	0,003	0,001	0,056
	Modal	2	0,28	0,056	0,32	0	0,624
	Modal	3	0,258	0,018	0,591	0	0,391
QUITO	Modal	1	0,319	0,927	0,001	0,001	0,07
	Modal	2	0,279	0,005	0,977	0	0,017
	Modal	3	0,268	0,075	0,018	0	0,907

Fuente: Autor de la investigación

Al no cumplir con el porcentaje de las condiciones establecidas como las derivas y los desplazamientos en los modos de vibración se debe interactuar con el número de culmos que se tienen que colocar en columnas y vigas para así obtener más inercias en su sección.

Es importante tomar en cuenta como se modela en 3D en el programa estructural, ya que, si se colocan demasiadas secciones al programa, el programa tiende a dar valores excesivos.

3.5.Reforzamiento del modelo

La geometría de la vivienda no es simétrica y cuenta con una abertura en losa y techo es por eso por lo que se decidió incrementar el número de culmos en las secciones de columnas, uniéndose la abertura con culmos en X y dándole más rigidez al centro de la vivienda.

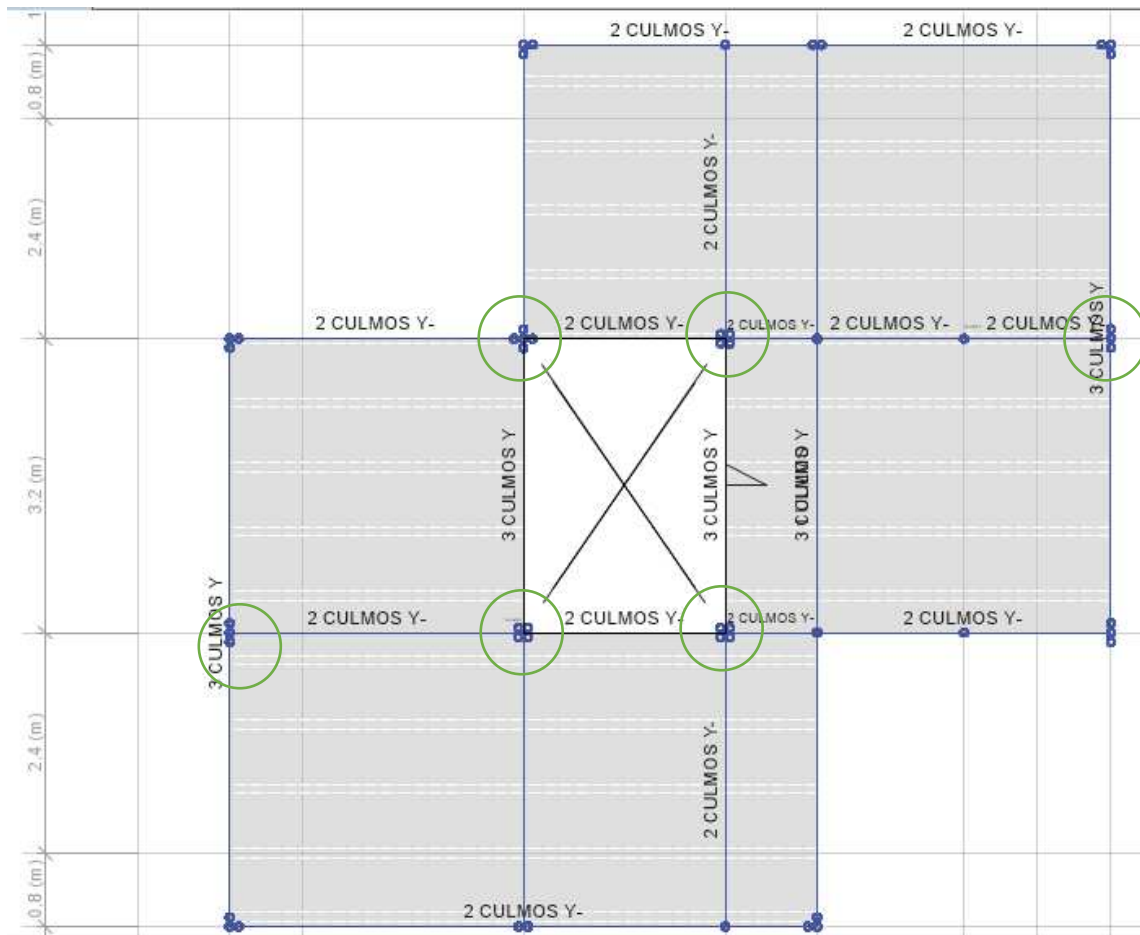
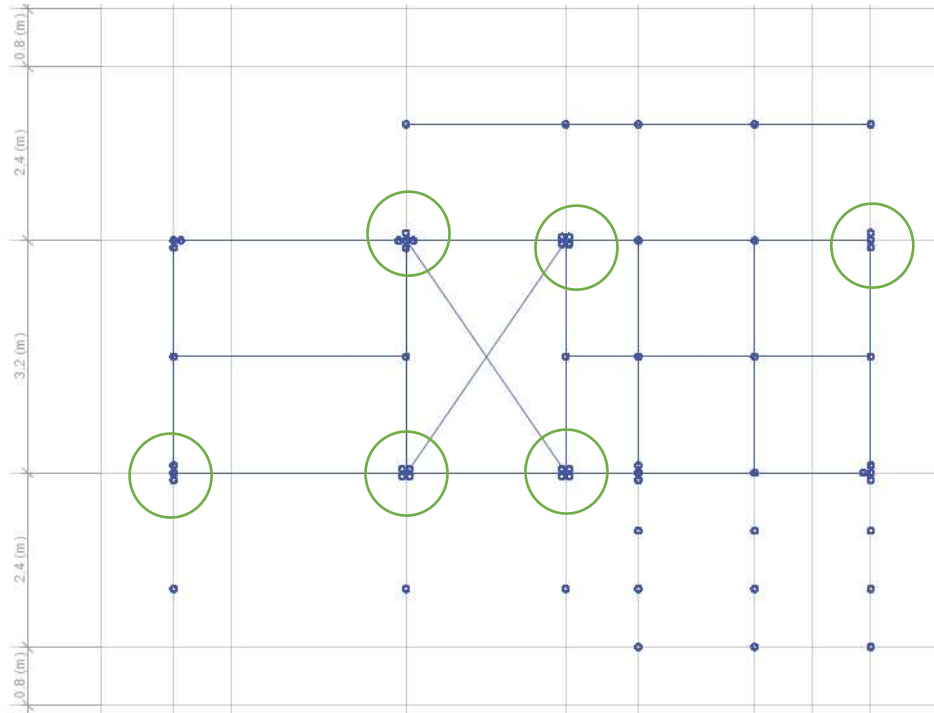


Ilustración 47: Incremento de secciones de columnas, Vista en Planta $S1=0.51m$.

Fuente: Autor de la investigación

Se incrementó el número de culmos en columnas centrales y laterales como indica la Ilustración 47.

Para realizar el reforzamiento, se involucró al Dr. Pablo Caiza que es especialista en viviendas sismo-resistentes que normalmente trabaja con hormigón y con estructuras metálicas, pero se usaron los conceptos básicos de columna fuerte viga débil, de forma sutil la vivienda se comportó de una manera esperada, adecuada a sus características.



*Ilustración 48: Incremento de vigas en centro de abertura para mayor agarre central.
S3=6.14m*

Fuente: Autor de la investigación

Se analizarán los aspectos generales con esta nueva modificación a continuación.

Es necesario al momento de modelar, no incluirle únicamente a vigas primarias y vigas secundarios en el Menú /Assing/Frame / Releases/Partial Fixity; como indica en la Ilustración 48.

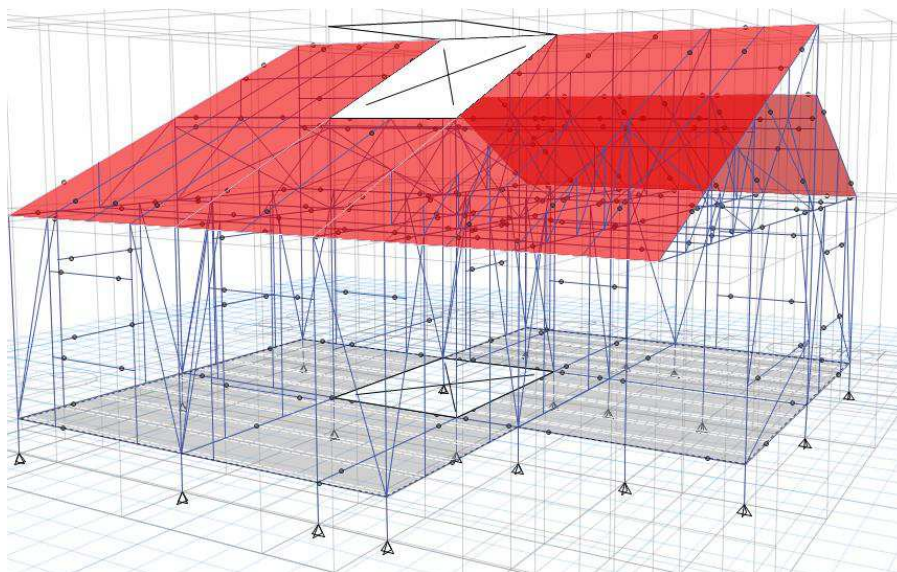


Ilustración 49: Vista lateral de culmos articulados para Momento 3-3.

Fuente: Autor de la investigación

3.5.1. Revisión de derivas en vivienda reforzada

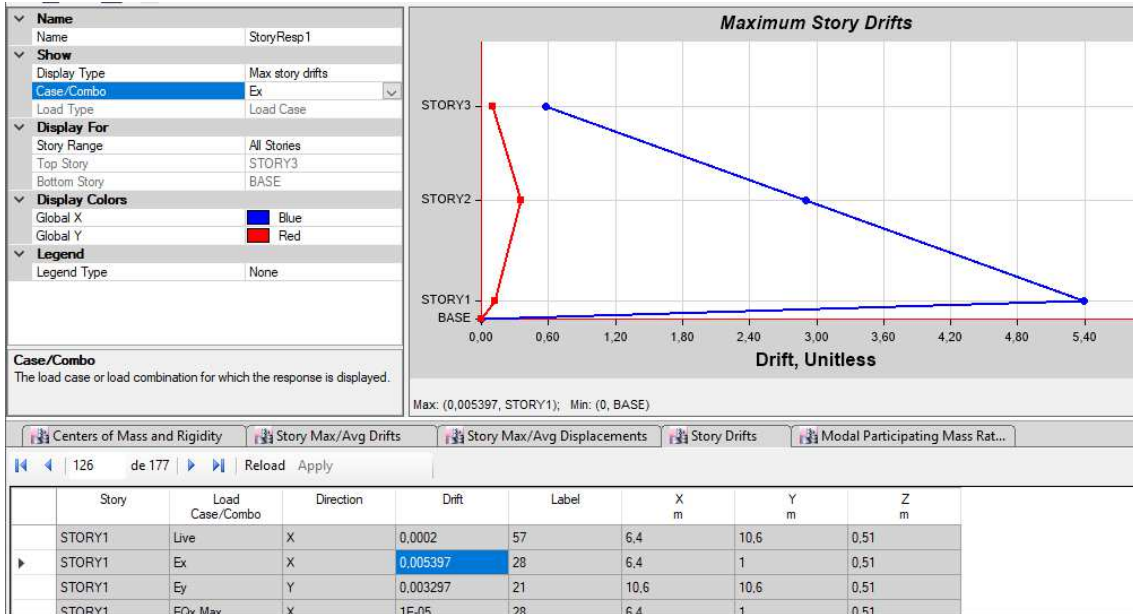


Ilustración 50: Máxima deriva en sentido X de la ciudad de Manta.

Fuente: Autor de la investigación

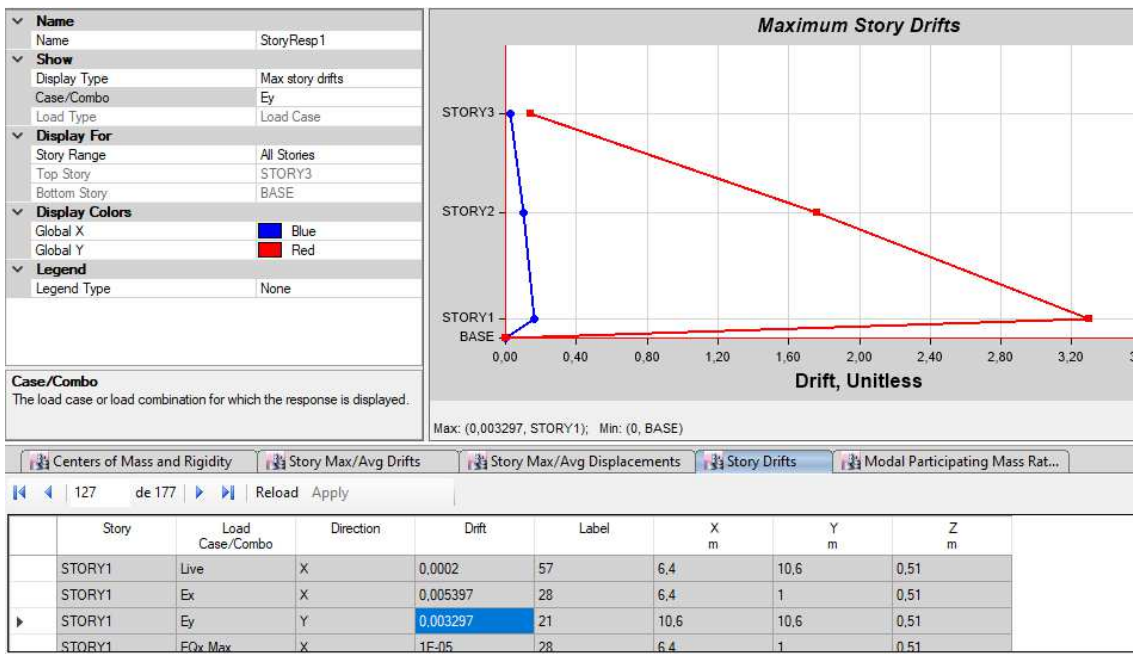


Ilustración 51: Máxima deriva en sentido Y de la ciudad de Manta

Fuente: Autor de la investigación

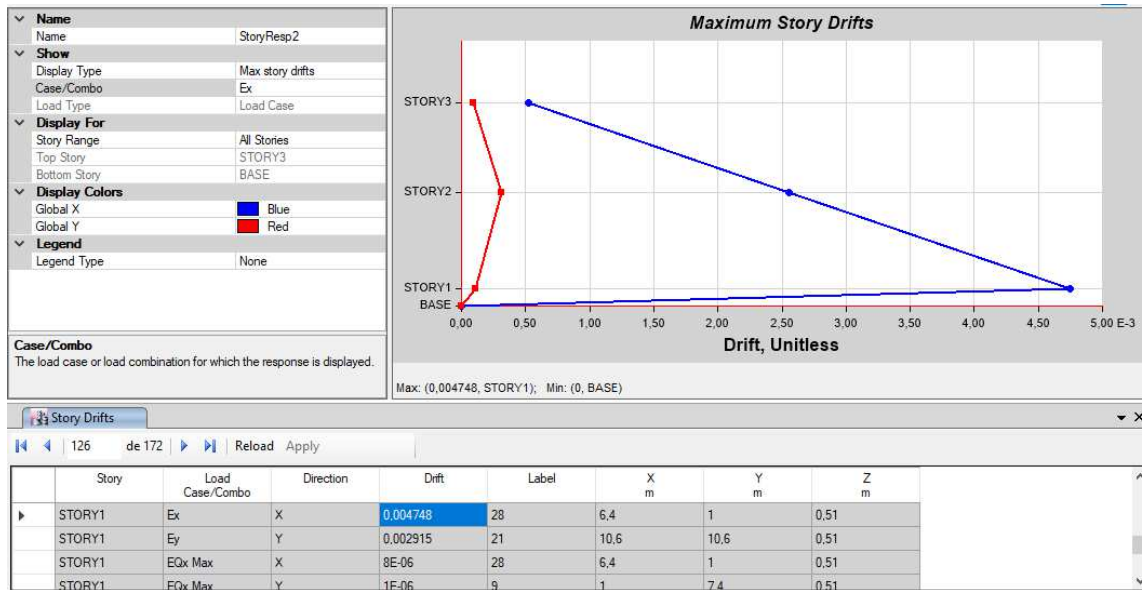


Ilustración 52: Máxima deriva en el sentido X de la ciudad de Quito

Fuente: Autor de la investigación

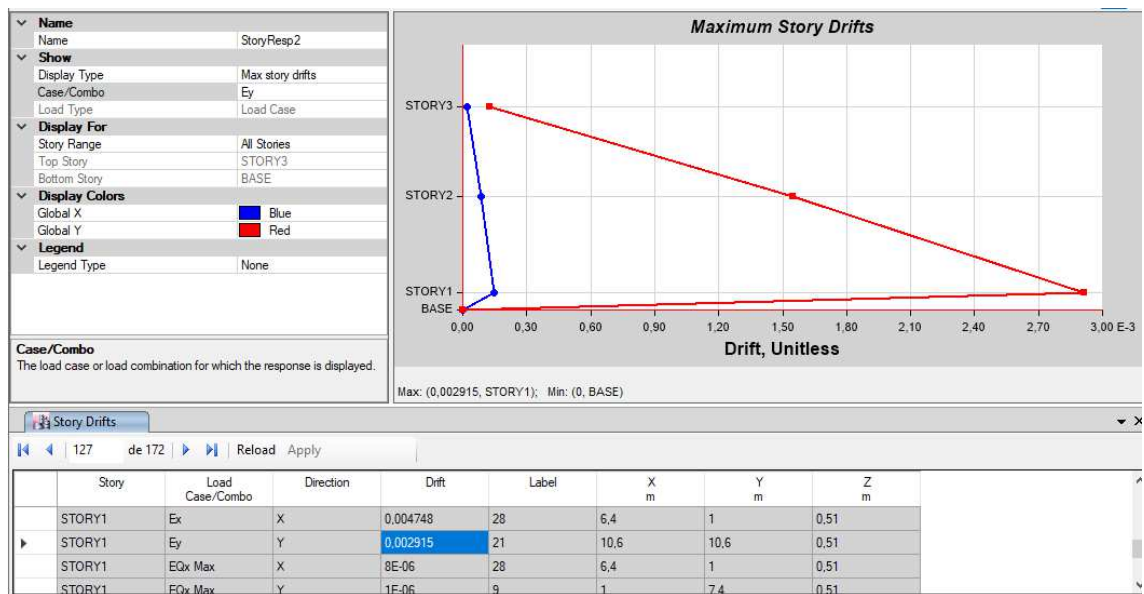


Ilustración 53: Máxima deriva en el sentido Y de la ciudad de Quito.

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 65: Tabla comparativa de las derivas máxima entre Manta y Quito

	Manta	%Deriva	Quito	% Deriva
Sentido X	0,005397	0,80%	0,004748	0,712%
Sentido Y	0,003297	0,495%	0,002915	0,43%

Fuente: Autor de la investigación

Comentario: Para obtener deriva se multiplica la constante $0.75 \cdot R$ ($R=2$).

3.5.2. Revisión de modos de vibración en vivienda reforzada

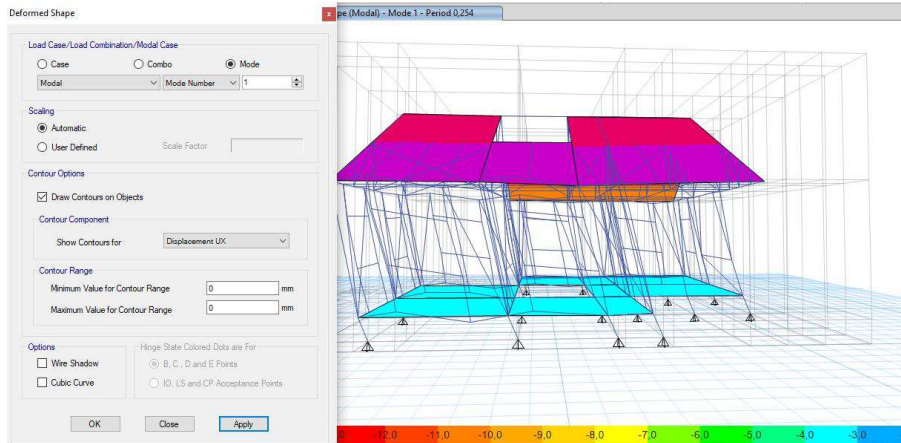


Ilustración 54: Autor de la investigación

Fuente: Pedro Antonio Franco Vélez

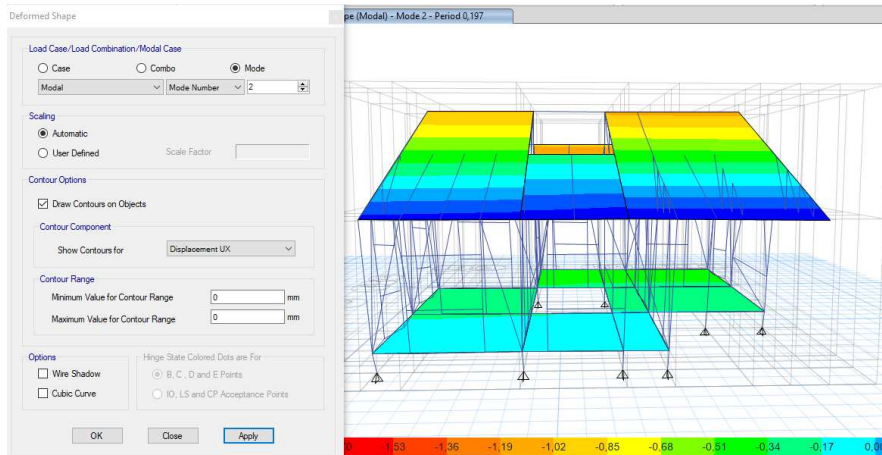


Ilustración 55: Autor de la investigación

Fuente: Pedro Antonio Franco Vélez

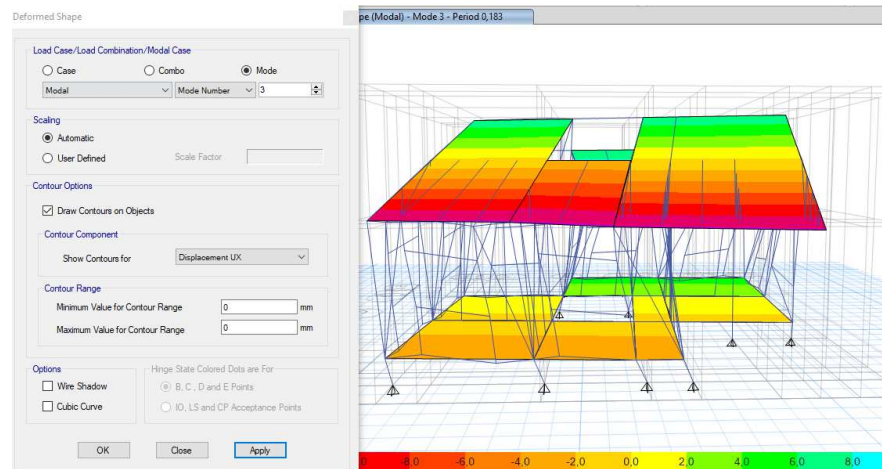


Ilustración 56: Tercer modo de vibración MANTA

Fuente: Autor de la investigación

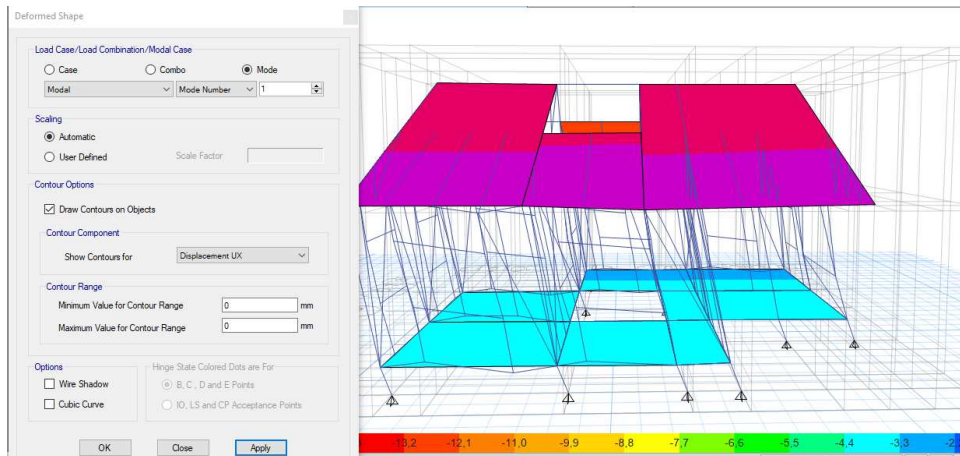


Ilustración 57: Primer modo de vibración QUITO

Fuente: Autor de la investigación

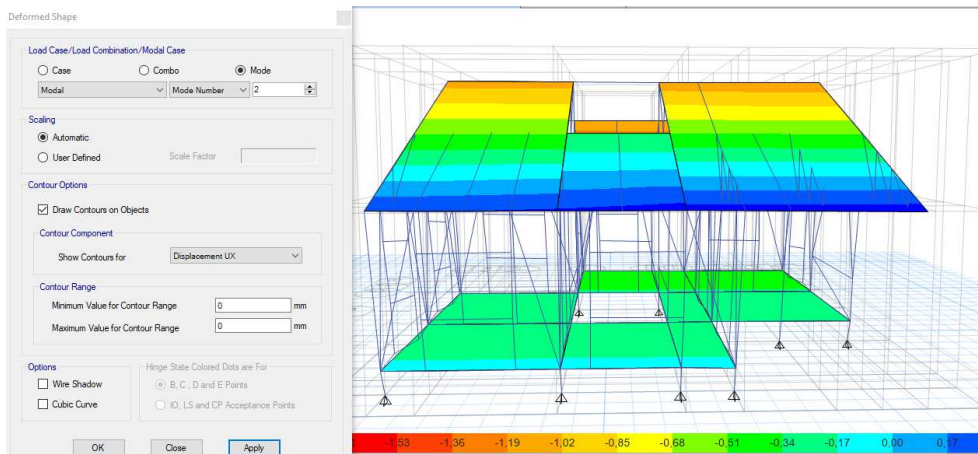


Ilustración 58: Segundo modo de vibración QUITO

Fuente: Autor de la investigación

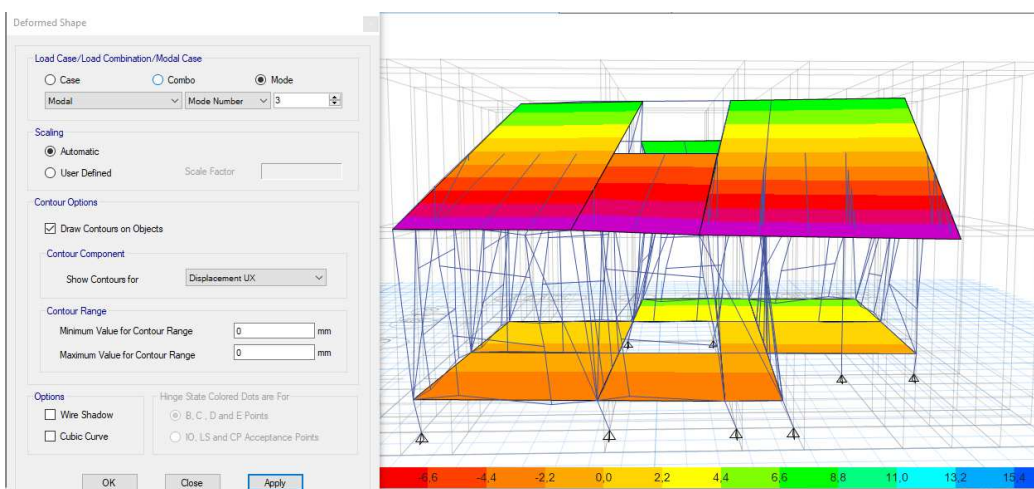


Ilustración 59: Tercer modo de vibración QUITO

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 66: Dirección de Factores modales en Manta

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,258	0,983	0,001	0	0,015
Modal	2	0,2	0,002	0,989	0	0,009
Modal	3	0,186	0,055	0,005	0	0,939

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 67: Dirección de Factores modales en Quito

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0,258	0,985	0,001	0	0,014
Modal	2	0,201	0,001	0,996	0	0,003
Modal	3	0,19	0,049	0,001	0	0,95

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 68: Masa Modal Participativa MANTA

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0,258	0,854	0,001	0,000	0,854	0,001	0,000	0,000	0,023	0,015	0,000	0,023	0,015
Modal	2	0,200	0,001	0,874	0,000	0,855	0,875	0,000	0,025	0,000	0,001	0,025	0,023	0,016
Modal	3	0,186	0,014	0,000	0,000	0,869	0,875	0,000	0,000	0,006	0,864	0,026	0,029	0,880
Modal	4	0,073	0,002	0,000	0,000	0,871	0,875	0,000	0,000	0,003	0,000	0,026	0,032	0,880
Modal	5	0,071	0,000	0,001	0,032	0,871	0,875	0,032	0,072	0,057	0,001	0,097	0,089	0,882
Modal	6	0,061	0,015	0,003	0,001	0,886	0,878	0,033	0,023	0,153	0,004	0,120	0,242	0,885
Modal	7	0,060	0,078	0,019	0,000	0,964	0,897	0,033	0,043	0,159	0,001	0,163	0,401	0,887
Modal	8	0,039	0,020	0,079	0,001	0,984	0,976	0,034	0,155	0,001	0,010	0,318	0,403	0,896
Modal	9	0,028	0,004	0,012	0,007	0,988	0,988	0,040	0,007	0,232	0,002	0,325	0,635	0,898
Modal	10	0,023	0,002	0,000	0,027	0,990	0,988	0,067	0,460	0,001	0,000	0,785	0,636	0,899
Modal	11	0,020	0,000	0,002	0,603	0,990	0,990	0,670	0,005	0,006	0,002	0,789	0,641	0,900
Modal	12	0,009	0,000	0,000	0,038	0,990	0,990	0,708	0,001	0,000	0,001	0,790	0,641	0,901

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 69: Masa Modal Participativa QUITO

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0,258	0,855	0,001	0,000	0,855	0,001	0,000	0,000	0,023	0,013	0,000	0,023	0,013
Modal	2	0,201	0,001	0,862	0,000	0,856	0,863	0,000	0,029	0,000	0,000	0,029	0,023	0,013
Modal	3	0,190	0,012	0,000	0,000	0,868	0,863	0,000	0,000	0,007	0,848	0,030	0,030	0,860
Modal	4	0,102	0,000	0,001	0,036	0,868	0,864	0,037	0,076	0,069	0,001	0,106	0,099	0,862
Modal	5	0,090	0,003	0,000	0,000	0,870	0,864	0,037	0,000	0,014	0,003	0,106	0,113	0,865
Modal	6	0,079	0,022	0,005	0,004	0,892	0,869	0,040	0,043	0,220	0,002	0,149	0,333	0,866

Modal	7	0,069	0,063	0,025	0,000	0,955	0,894	0,041	0,075	0,182	0,003	0,224	0,515	0,869
Modal	8	0,051	0,027	0,060	0,001	0,982	0,953	0,042	0,132	0,020	0,007	0,355	0,535	0,876
Modal	9	0,025	0,004	0,020	0,062	0,986	0,973	0,104	0,019	0,175	0,003	0,375	0,710	0,879
Modal	10	0,023	0,002	0,000	0,081	0,988	0,974	0,184	0,392	0,003	0,001	0,767	0,713	0,880
Modal	11	0,020	0,001	0,005	0,568	0,989	0,978	0,752	0,074	0,019	0,000	0,841	0,731	0,880
Modal	12	0,009	0,000	0,000	0,025	0,989	0,978	0,777	0,000	0,000	0,001	0,841	0,731	0,881

Fuente: Autor de la investigación

3.5.3. Revisión de centros de masa y rigidez

Tabla 70: Centro de Masa y rigidez MANTA

Story	Diaph	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m
STORY1	D1	5377,14	5377,14	5,7986	5,809	5377,14	5377,14	5,7986	5,809	5,7829	5,9792

Fuente: Autor de la investigación

Tabla 71: Centro de Masa y rigidez QUITO

Story	Diaph.	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m
STORY1	D1	5374.16	4374.16	5,83	5,80	4374.16	4374.16	5,83	5,80	5,68	5,79

Fuente: Autor de la investigación

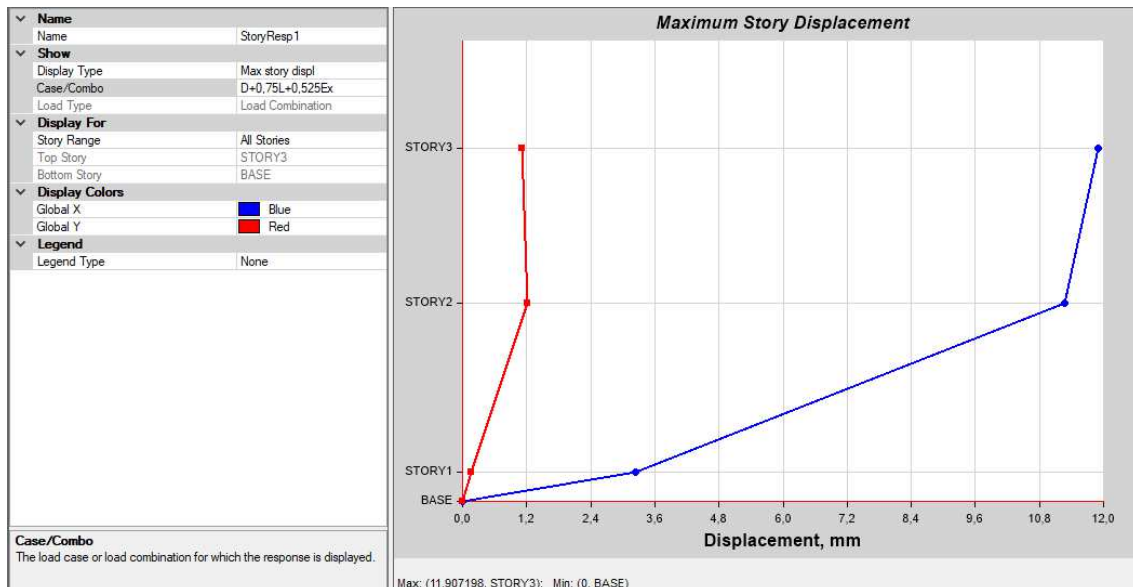


Ilustración 60: Desplazamientos máximos para Combinaciones de Cargas, mm.

Fuente: ETABS 2016

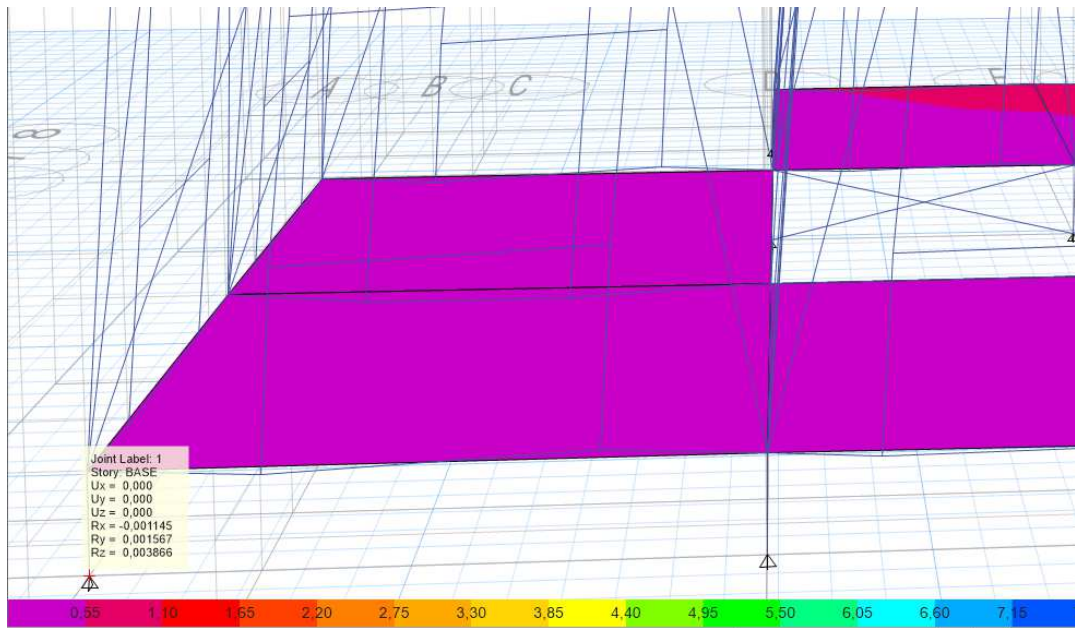


Ilustración 61: Desplazamiento en punto de apoyo

Fuente: Autor de la investigación

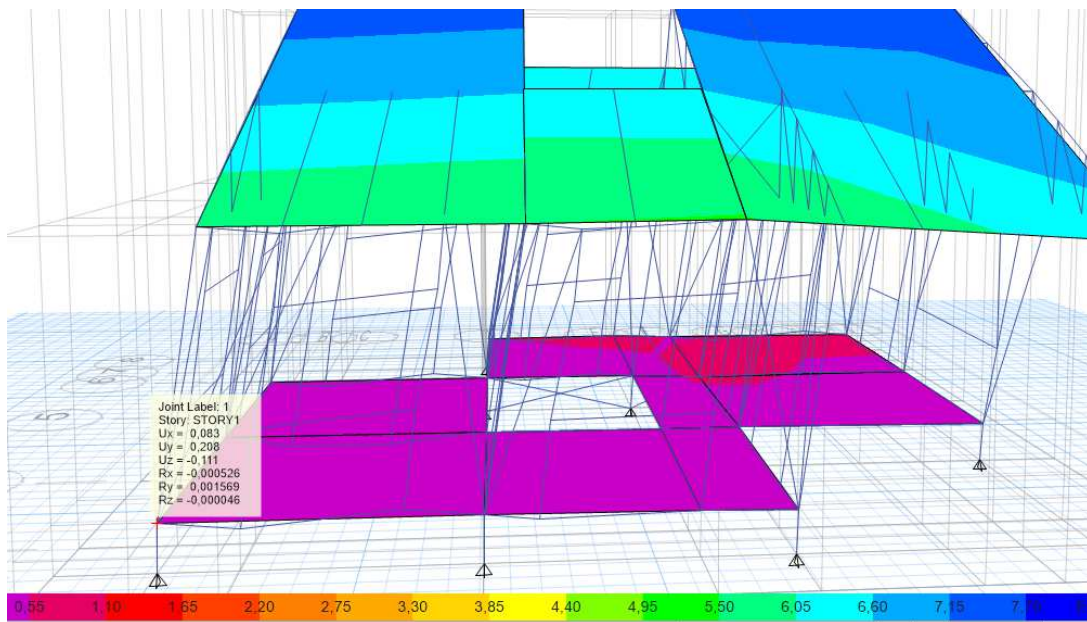


Ilustración 62: Desplazamiento en piso S1=0.51m

Fuente: Autor de la investigación

CONCLUSIONES

- El análisis y revisión de la información preliminar acerca de la caña Guadua Angustifolia Kunth ayudó a realizar un resumen de los parámetros principales estipulados en la NEC-SE-GUADUA 2015 para mejorar los criterios de diseño de las viviendas de GaK.
- La recopilación de información acerca de ensayos en laboratorio de las características físico-mecánicas de la GaK ayudó a sustentar las propiedades de ésta, dando valores más favorables en algunos aspectos para Quito.
- La GaK es un material renovable y amigable con el medio ambiente es por lo que es óptimo para la construcción por su bajo consumo de energía y de recursos naturales.
- Observando un poco los resultados de los ensayos de laboratorios con los valores que recomienda la NEC-SE-GUADUA, se llega a la conclusión de que esta es conservadora en sus recomendaciones, es decir que los resultados de la NEC son menores en características mecánicas que las demostradas en ensayos de laboratorio.
- El estudio de la vivienda original demostró tener un comportamiento flexible, no cumplía con los parámetros necesarios por eso se tuvo que realizar un reforzamiento en sus secciones de columnas para mayor estabilidad. Se determinó con el reforzamiento que cumplió con los parámetros de deformaciones modales de la vivienda.
- Se llegó a la conclusión que, al incrementar la inercia en columnas se aumenta la capacidad de absorber energía producida por las fuerzas verticales; no obstante, se concluye que la GaK tiene una buena capacidad de flexibilidad en sus fibras.
- El construir viviendas o estructuras de GaK en la sierra tiene algunos factores positivos para su capacidad de resistencia siempre y cuando se tomen las medidas necesarias para la durabilidad de esta.

RECOMENDACIONES

- La vivienda debe ser geoméricamente simétrica para que su comportamiento a la rotación sea mejor, significa que se procurará no diseñar con aberturas en losas.
- Se debe diseñar la vivienda con mayores secciones en viga con peralte para estabilidad en deflexiones de piso.
- Aunque en la NEC-SE-GUADUA no hay un apartado de cargas de viento en cubierta, se debe considerar este aspecto en lugares donde el viento es fuerte.
- Evitar grandes volados en cubiertas y en losas, caso contrario se debe reforzar vigas o aumentar columnas para evitar deflexiones.
- Al modelar la vivienda en un programa computacional estructural se debe tomar en cuenta no usar tantas divisiones de secciones y que la sumatoria de los números de culmos en columna sean parecidos en el sentido de ejes X y Y.
- Los factores de modificación de humedad disminuyen o aumentan los esfuerzos admisibles según la localidad; no obstante, no es tan significativo en las características mecánicas de la caña en ambas sollicitaciones.
- La vivienda tendrá mejores resultados en las pruebas sísmicas dependiendo el lugar y la calidad de suelo en el que se encuentre.
- Para evitar torsiones se debe arriostrar bien los culmos dándole una triangulación en paredes y en cubiertas dado que actúa como celosías y así el programa toma en cuenta las masas participativas de mejor manera.
- Verificar la buena participación modal de la estructura, tomando en cuenta que el modo 1 y 2 debe tener un movimiento traslacional y el modo 3 si cuenta con un movimiento rotacional.
- Es muy importante tomar en cuenta los desplazamientos de acuerdo con la sumatoria de cargas, comprobando las deflexiones y flechas máximas según indica la NEC-SE-GUADUA.
- Es aconsejable dar acogida a materiales renovables, amigables con el medio ambiente para poder mitigar el consumo excesivo de los materiales naturales pétreos.
- Las investigaciones acerca de la GaK no han sido bien fundamentadas porque en el año 2017 recién se dio el manual de las normas de construcción; no obstante, es importante el apoyo de parte de los profesores de la construcción que inciten a construir y a investigar en las casas de conocimiento para así poder dar nuevos ambientes, mejores construcciones, seguras y sustentables.

Bibliografía

- (NEC-SE-DS), N.E. (2015). *Peligro sísmico, Diseño Sismo Resistente*. Quito: Ministerio de desarrollo Urbano y Vivienda. Quito-Ecuador
- ALVARADO, E. P. (2017). *ESTUDIOS, CÁLCULOS Y DISEÑOS DE UNA ESTRUCTURA APÓRTICADA EN GUADUA*. Bogotá : Universidad Santo tomás.
- Aristizabal, W. (22 de Marzo de 2016). *Generalidades de la Guadua Angustifolia Kunth*. Obtenido de ARME ideas en guadua: armeideasenguadua.com/generalidades-de-la-guadua-angustifolia-kunth/. Colombia
- Asociación Peruana de Bambú, P. (2018). *Métodos de propagación del Bambú GaK*. LIMA: PERU BAMBU.
- C.I.S.P. (1983). *C.I.S.P Copyright (ONG)*. Obtenido de C.I.S.P. web site: <http://desarrollodelospueblos-al.org>. Italia
- CANDO JAVIER, P. V. (Febrero de 2016). *CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA* . Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. : <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1818/1/UNACH-FCEHT-TG-C.ESTE-2016-000003.pdf>. Chimborazo-Ecuador.
- Cortés, I. F. (2018). *INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN (INBAR)*. Obtenido de Reproduccion de la Guadua Angustifolia por el método de chusquines: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf.
- Cruz Ríos, H. (2009). *bambuterra*. Obtenido de bambouterra.wordpress: <https://bambouterra.wordpress.com/que-es-el-bambu/>
- Gandara, H. C. (20 de Enero de 2012). *Bambú estudio del mercado mundial*. Obtenido de SlideShare Corporation.
- INBAR, C. d. (Octubre de 2017). *bambú*. Obtenido de WordPress: <https://bambu.com.ec/bambu/>
- Ing.Luis Fernando Botero Cortés, I. (2019). *REPRODUCCIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA POR EL METODO DE CHUSQUINES* . Obtenido de INBAR web site: https://www.doc-developpement-durable.org/file/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf
- Julían Pérez Porto, M. M. (2017). *definicion de vivienda social*. Obtenido de definicion.de Web site: <https://definicion.de/vivienda-social/>
- Mayte Lissette Mercado Cevallos, R. E. (2015). *Estudio de factibilidad para la produccion de caña guadua*. Guayaquil: Publicaciones Universidad Politecnica Salesiana . Guayaquil-Ecuador

- Merino, J. P. (2015). *definicion.de*. Obtenido de Definicion.DE:
<http://definicion.de/vivienda-social/>
- NEC-SE-GUADUA-17.N.E. (2016). *Estructuras de Guadúa (GaK) (NEC-SE-GUADUA)*. Santo Domingo de los Tsachilas: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Santo Domingo- Ecuador
- NEC-SE-CG-15,N.E. (2015). *Cargas (No Sísmicas), código NEC-SE-CG*. Quito: Ministerio de desarrollo urbano y vivienda del Ecuador. Quito-Ecuador
- Palakas. (2019). *Construcciones y soluciones naturales hecha con la madera de los sueños*. Obtenido de palakas: <https://palakas.jimdo.com/nosotros/información-guadua/>
- Regalado, C. E. (2012). *PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA GaK COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN*. SANGOLQUÍ: publicaciones de ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO CARRERA INGENIERIA CIVIL.
- Reinoso, I. E. (2015). *ANÁLISIS Y DISEÑO COMPARATIVO ENTRE UNA TORRE AUTOSOPORTADA TRIANGULAR DE 40M DE ALTURA CON MONTANTES UV Y UNA CON MONTANTES CIRCULARES*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ríos, C. (2009). *bambouterra*. Obtenido de wordpress , bamboterra:
<https://bambouterra.wordpress.com/que-es-el-bambu/>
- Teneche, G. (24 de Septiembre de 2013). *PLANTAR GUADUA, SEMILLERO*. Obtenido de GUADUA BAMBU COLOMBIA:
<https://guaduabambucolombia.com/2013/09/24/plantar-guadua-semillero-y-vivero-de-guadua-angustifolia-reforestar-con-guadua/>
- Vélez, S. (2010). *La Guadua Angustifolia "Bambu colombiano"*. Obtenido de Universidad Politecnica de Colombia:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf
- Verduga, G. (2019). *Análisis de las propiedades físico mecánicas de la GaK*. Manta: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Viera, P. (2018). *Ensayo en laboratorio de las características físico mecánicas* . Quito: UCE, Universidad Central del Ecuador.
- Walter Mauricio Barreto, M. G. (2018). *Estudio de durabilidad en las estructuras de guadua GaK* . Sao Carlos: Universidad de la Gran Colombia.

ANEXOS

- Ensayos de características mecánicas de la GaK en laboratorio de la Universidad Central del Ecuador. Pretratamiento antes de someter a dicho ensayo (Viera, 2018)



Recepción y selección de Culmos de GaK (UCE-Quito) (Viera, 2018)



Ablución y Curado de GaK (UCE-Quito) (Viera, 2018)



Secado y almacenamiento (UCE-Quito) (Viera, 2018)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA, CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICA
DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650
Quito

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN PARALELA A LA FIBRA REALIZADOS SOBRE MUESTRA DE CAÑA GUADÚA ASTM D-143

INFORME: 14266

HOJA: 1DE2

DATOS INFORMATIVOS:				
OBRA	SOLICITADO POR :	FECHAS		
INVESTIGACIÓN	ING. PAULINA VIERA	RECEPCIÓN	ENSAYO	INFORME
		08/06/2018	26/06/2018	02/07/2018

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS:	
GENERO: PLANTA	LONG. MEDIDA-mm: 50,80
ANCHO mm: 8,80	AREA-mm ² : 39,60
ESPEJOR mm: 4,50	ESPECIFICACIÓN: CAÑA GUADUA
MUESTRA: 3	MARCA: NINGUNA

CARGA P (KN)	DEFORM. 25 mm x 10 ⁻⁴	ESFUERZO MPa	DEFORM. ESPECIF. mm/mm x 10 ⁻⁴	CARGA P (KN)	DEFORM. mm x 10 ⁻²	ESFUERZO MPa	DEFORM. ESPECIF. mm/mm x 10 ⁻⁴
0,00	0,0	0,00	0,00	4,00	102,0	101,01	50,20
0,20	1,0	5,05	0,49	4,20	108,0	106,06	53,15
0,40	6,0	10,10	2,95	4,40	115,0	111,11	56,59
0,60	10,0	15,15	4,92	4,60	123,0	116,16	60,53
0,80	16,0	20,20	7,87	4,80	129,0	121,21	63,48
1,00	20,0	25,25	9,84	5,00	135,0	126,26	66,44
1,20	25,0	30,30	12,30	5,20	140,0	131,31	68,90
1,40	32,0	35,35	15,75				
1,60	36,0	40,40	17,72				
1,80	40,0	45,45	19,69				
2,00	44,0	50,51	21,65				
2,20	51,0	55,56	25,10				
2,40	62,0	60,61	30,51				
2,60	68,0	65,66	33,46				
2,80	70,0	70,71	34,45				
3,00	72,0	75,76	35,43				
3,20	77,0	80,81	37,89				
3,40	86,0	85,86	42,32				
3,60	88,0	90,91	43,31				
3,80	95,0	95,96	46,75				
x	x	x	x	x	x	x	x

OBSERVACIONES:

- Preparación de probeta en el Laboratorio según norma ASTM D-143.
- **Falla:** Desgarre de fibras en el centro de la probeta.
- Muestra ensayada con el 12% de humedad.
- 1MPa = 10.197 Kg/cm²

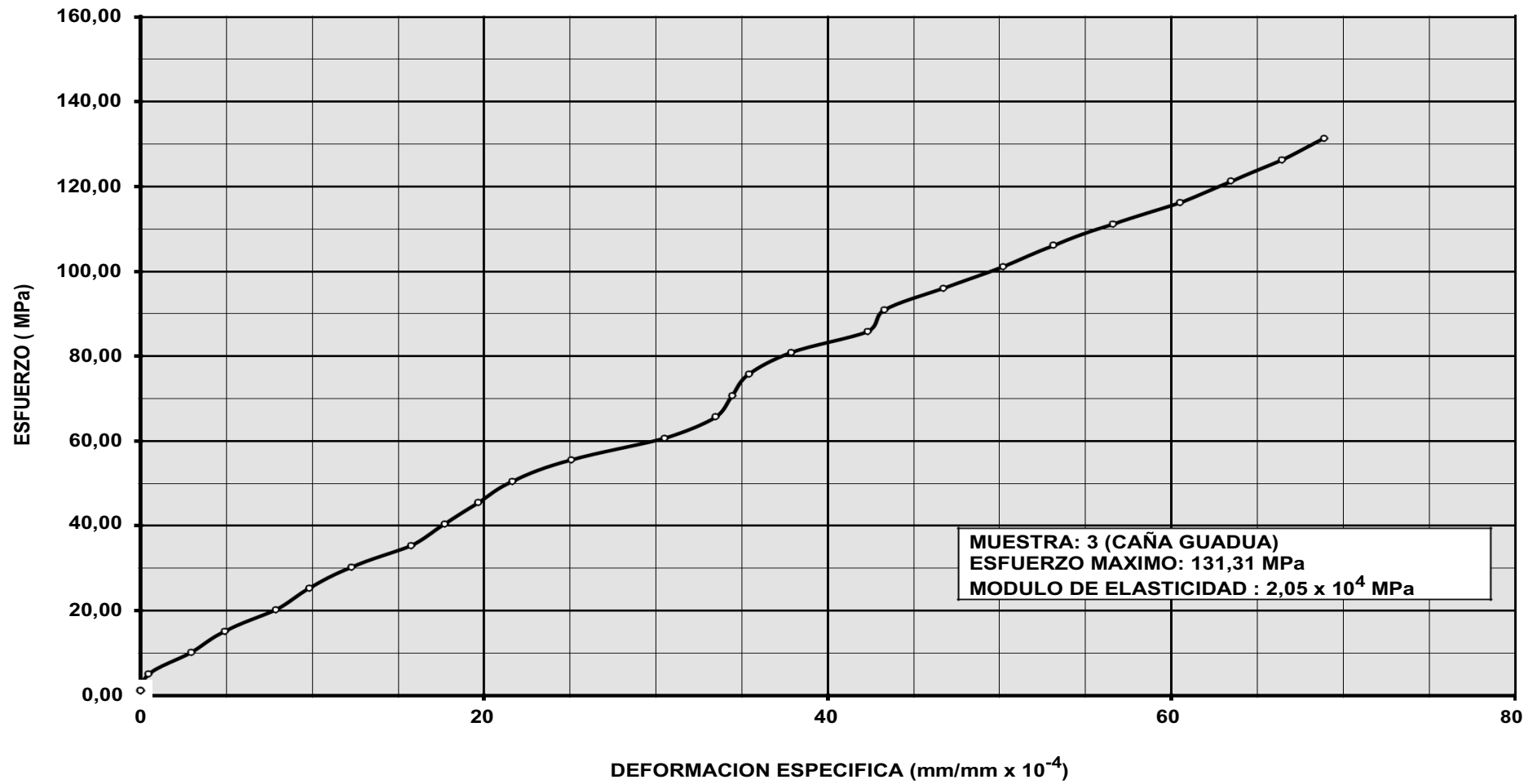


ING. PAOLA VILLALBA MSc.
DIRECTORA (E)

-Documento válido únicamente con el sello seco de la institución. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total del mismo.

Ensayo de tracción (UCE-QUITO) (Viera, 2018)

GRAFICO ESFUERZO vs DEFORMACION ESPECIFICA
TRACCIÓN PARALELA A LA FIBRA REALIZADO SOBRE MUESTRA DE CAÑA GUADÚA





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA

DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650

Quito



RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE PARALELA A LA FIBRA REALIZADO SOBRE MUESTRAS DE CAÑA GUADUA Método MTE INEN 2 (2004)

INFORME: 14266

HOJA: 1 DE 1

DATOS INFORMATIVOS:				
OBRA	SOLICITADO POR :	FECHAS		
INVESTIGACIÓN	ING. PAULINA VIERA	RECEPCIÓN	ENSAYO	INFORME
		18/06/2018	27/06/2018	28/06/2018

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS:	
GENERO: PLANTA	ESPECIE: CAÑA GUADÚA
MUESTRA: 3 MUESTRAS	MARCA: NINGUNA

No.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (mm ²)	ESFUERZO (KN)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa)	ESQUEMA DE FALLA
1	1	114	87	115	4262	158,3	37,1	
2	2	109	86	110	3523	147,6	41,9	
3	3	110	85	112	3829	148,5	38,8	
x	x	x	x	x	x	x	x	

OBSERVACIONES:

- **MUESTREO:** Tomado por el cliente.
- **Ensayo:** Realizado con placas de acero.
- **1 MPa = 10.197 Kg/cm²**

ING. PAOLA VILLALBA MSc.
DIRECTORA (E)

Ensayo de Compresión (UCE-Quito) (Viera, 2018)



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y MODELOS

TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650
 Quito

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ESTÁTICA
REALIZADOS SOBRE CAÑA GUADÚA
ASTM D143

INFORME: 14266

HOJA: 1 DE 2

DATOS INFORMATIVOS:			
OBRA	SOLICITADO POR:	FECHAS	
INVESTIGACIÓN	ING. PAULINA VIERA	RECEPCIÓN	INFORME
		28/06/2018	02/07/2018

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS:			
GENERO:	PLANTA	ESPECIE:	CAÑA GUADÚA
MUESTRA No.:	1 VIGA DE CAÑA GUADÚA		
DIMENSIONES mm:		AREA-mm ² :	3239,77
φ exterior (mm):	95,00		
φ interior (mm):	70,00		
Luz de apoyos (mm):	700,00		

CARGA P (KN)	DEFORM. mm x 10 ⁻²	MOMENTO FLECTOR N-mm	DEFLESION (FLECHA) mm	CARGA P (KN)	DEFORM. mm x 10 ⁻²	MOMENTO FLECTOR Nm	DEFLESION (FLECHA) mm
0,00	0,0	0,00	0,00				
1,00	3,0	175,00	0,03				
2,00	13,0	350,00	0,13				
3,00	29,0	525,00	0,29				
4,00	46,0	700,00	0,46				
5,00	67,0	875,00	0,67				
6,00	82,0	1050,00	0,82				
7,00	101,0	1225,00	1,01				
8,00	121,0	1400,00	1,21				
9,00	138,0	1575,00	1,38				
10,00	159,0	1750,00	1,59				
11,00	180,0	1925,00	1,80				
11,54	210,0	2019,50	2,10				
12,00	255,0	2100,00	2,55				
12,19	285,0	2133,25	2,85				
X	X	X	X	X	X	X	X

OBSERVACIONES:

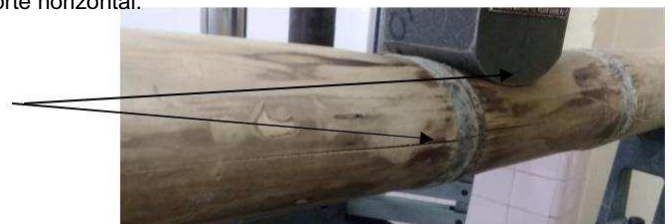
- 1MPa = 10.197 Kg/cm²

$$MR = \frac{16P+L}{\pi(\phi_{ext}^3 - \phi_{int}^3)} = 84,49 \text{ MPa}$$

- Carga aplicada en el centro de la luz.

-Falla : Por Aplastamiento y por corte horizontal.

FALLA



ING. PAOLA VILLALBA MSc.
 DIRECTORA (E)

Ensayo de flexión (UCE-QUITO) (Viera, 2018)

GRAFICO MOMENTO vs DEFLEXIÓN
FLEXION ESTATICA CON CARGA CENTRADA EN LA MITAD DE LA LUZ

HOJA: 2 DE 2

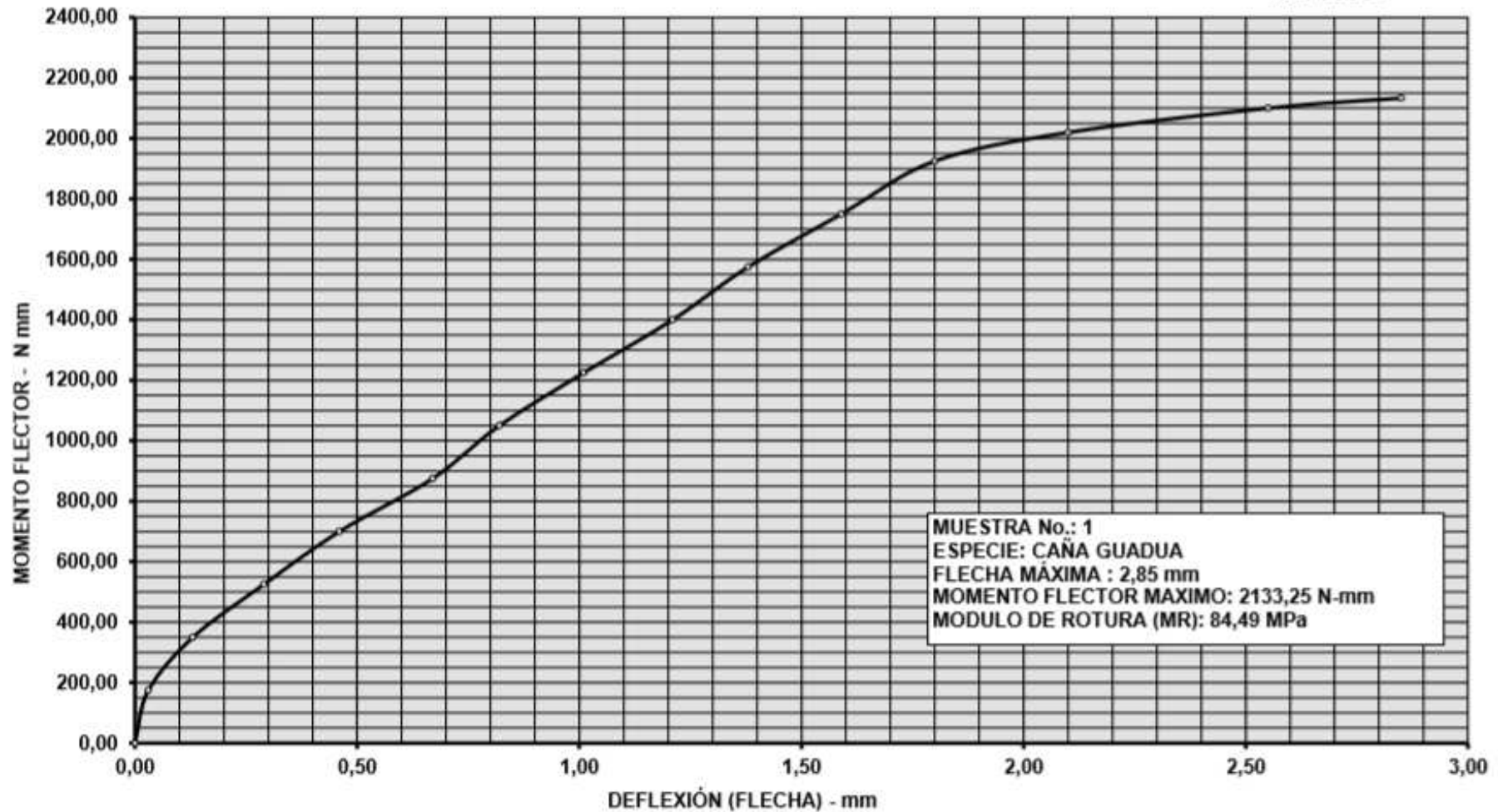
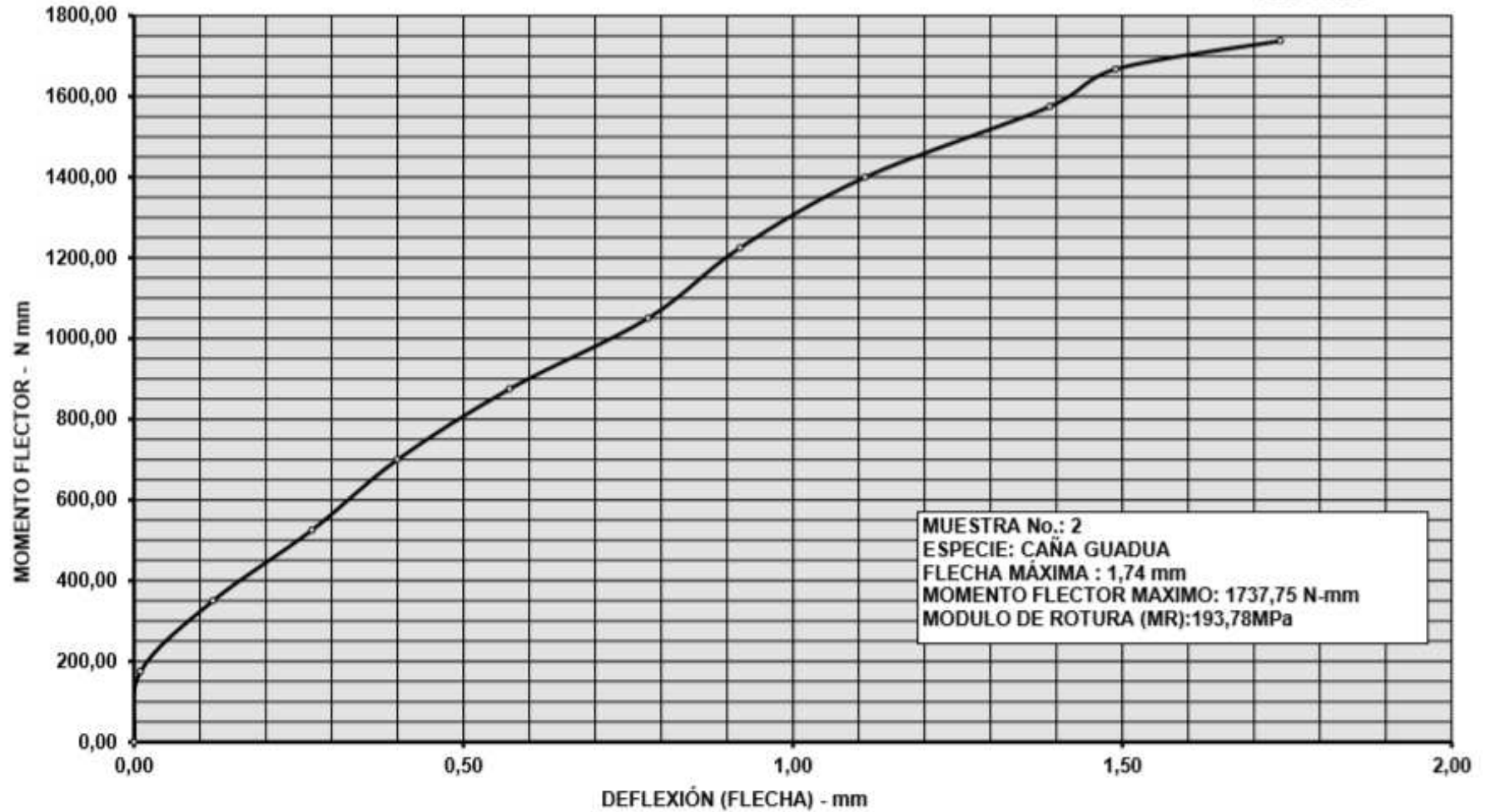


GRAFICO MOMENTO vs DEFLEXIÓN
FLEXION ESTATICA CON CARGA CENTRADA EN LA MITAD DE LA LUZ

HOJA: 2 DE 2





UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERIA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA

DEPARTAMENTO DE ENSAYO DE MATERIALES Y

MODELOS TELEFAX: 2 522-655 CASILLA: 17-03-1650
Quito

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN ESTÁTICA REALIZADOS SOBRE CAÑA GUADÚA ASTM D143

INFORME: 14266

HOJA: 1 DE 2

DATOS			
INFORMATIVOS:			
OBRA	SOLICITADO POR :	FECHAS	
		RECEPCIÓN	INFORME
INVESTIGACIÓN	ING. PAULINA VIERA	28/06/2018	02/07/2018

DATOS TÉCNICOS Y RESULTADOS:			
GENERO:	PLANTA	ESPECIE:	CAÑA GUADÚA
MUESTRA No.:	3 VIGA DE CAÑA GUADÚA		
DIMENSIONES mm :		AREA-mm ² :	3389,78
exterior (mm) :	96,00		
interior (mm) :	70,00		
Luz de apoyos(mm) :	700,00		

CARGA	DEFORM.	MOMENTO	DEFLEXION	CARGA	DEFORM.	MOMENTO	DEFLEXION
P (KN)	mm x 10 ⁻²	N-mm	(FLECHA) mm	P (KN)	mm x 10 ⁻²	Nm	(FLECHA) mm
0,00	0,0	0,00	0,00	14,29	240,0	2500,75	2,40
1,00	1,0	175,00	0,01				
2,00	4,0	350,00	0,04				
3,00	15,0	525,00	0,15				
4,00	25,0	700,00	0,25				
5,00	38,0	875,00	0,38				
6,00	50,0	1050,00	0,50				
7,00	63,0	1225,00	0,63				
8,00	74,0	1400,00	0,74				
9,00	90,0	1575,00	0,90				
10,00	110,0	1750,00	1,10				
11,00	126,0	1925,00	1,26				
12,00	148,0	2100,00	1,48				
13,00	171,0	2275,00	1,71				
14,00	211,0	2450,00	2,11				
OBSERVACIONES							

- 1MPa = 10.197 Kg/cm²
 $16P*L$

$$MR = \frac{16P*L}{\pi(\phi_{ext}^3 - \phi_{int}^3)} = 94,04 \text{ MPa}$$

- Carga aplicada en el centro de la luz.
- Falla : Por Aplastamiento y por corte horizontal.

FALLA

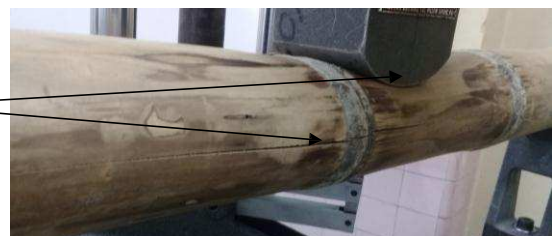
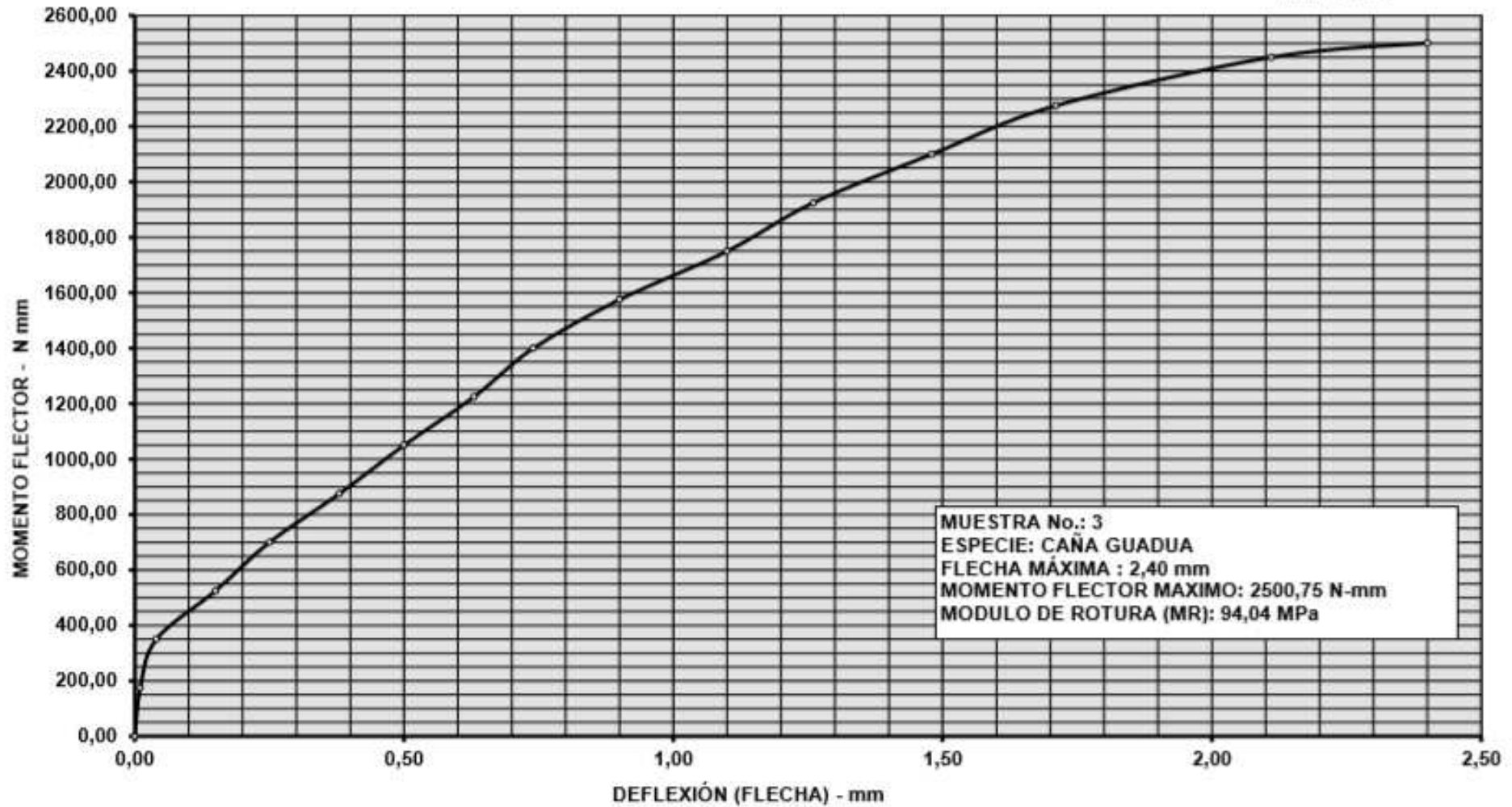


GRAFICO MOMENTO vs DEFLEXIÓN
FLEXION ESTATICA CON CARGA CENTRADA EN LA MITAD DE LA LUZ

HOJA: 2 DE 2



- Ensayo de características físico-mecánicas de la GaK en laboratorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Selección de GaK ,Corte , tratamiento y modificación para ensayos (ULEAM-Manta) (Verduga, 2019)

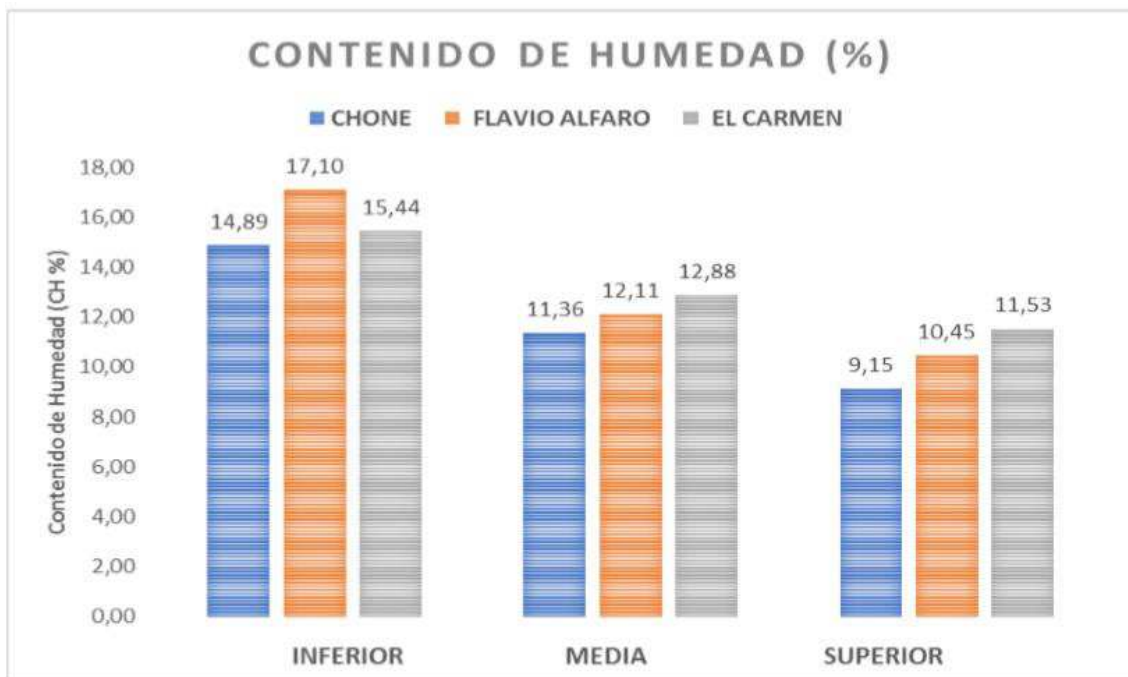


Maquina universal para ensayos mecánicos de la GaK (ULEAM-Manta) (Verduga, 2019)



Ensayos Físicos de la GaK en laboratorio de la facultad de ingeniería (ULEAM-Manta)
(Verduga, 2019)

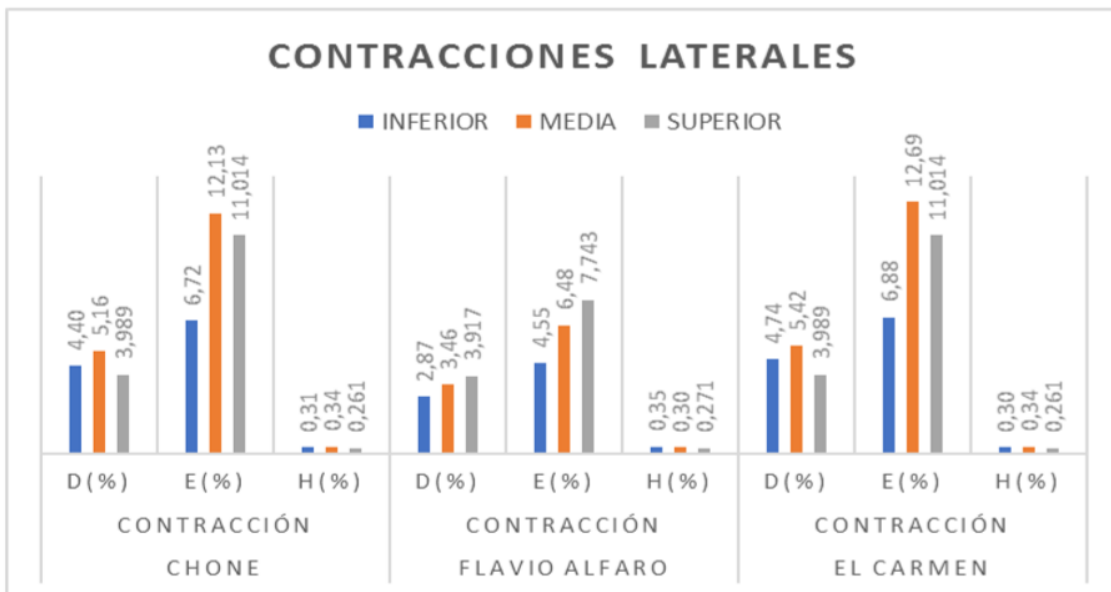
- Ensayos Físicos GaK (ULEAM-Manta)



Valores promedios de contenido de humedad en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)

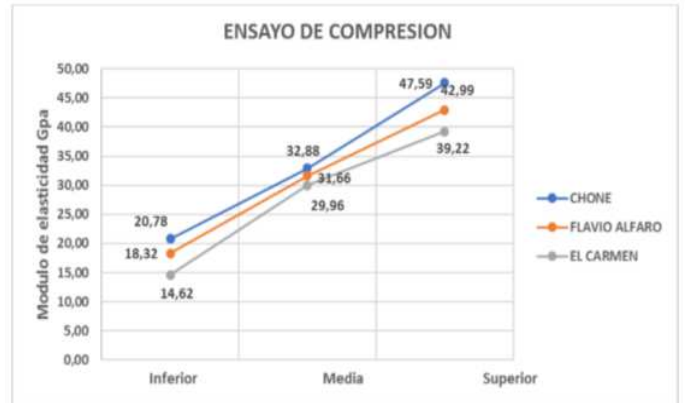
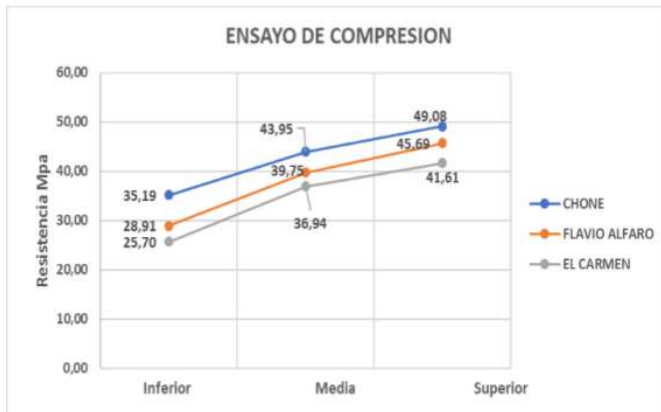


Valores promedios de densidad básica en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)

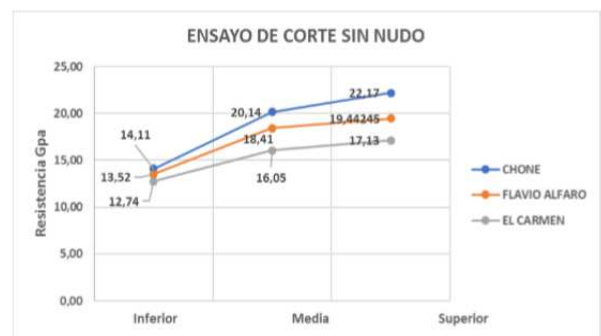


Valores promedios de contracción en las tres secciones de la GaK para el diámetro(D), espesor(E) y altura(H), de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)

- Ensayos Mecánicos GaK (ULEAM-Manta)



Valores promedios de resistencia y módulo de elasticidad a compresión en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)



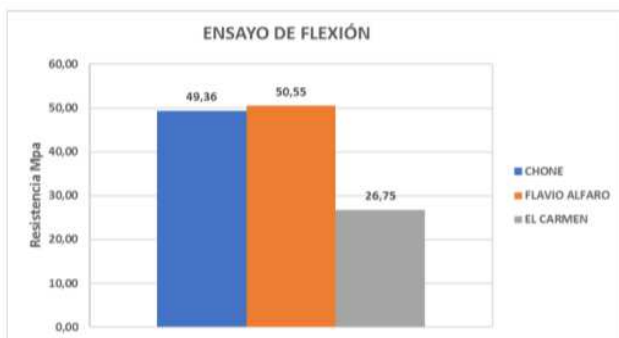
Valores promedios de resistencia y de módulo de elasticidad a corte sin nudo en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)



Valores promedios de resistencia y de módulo de elasticidad a corte con nudo en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)

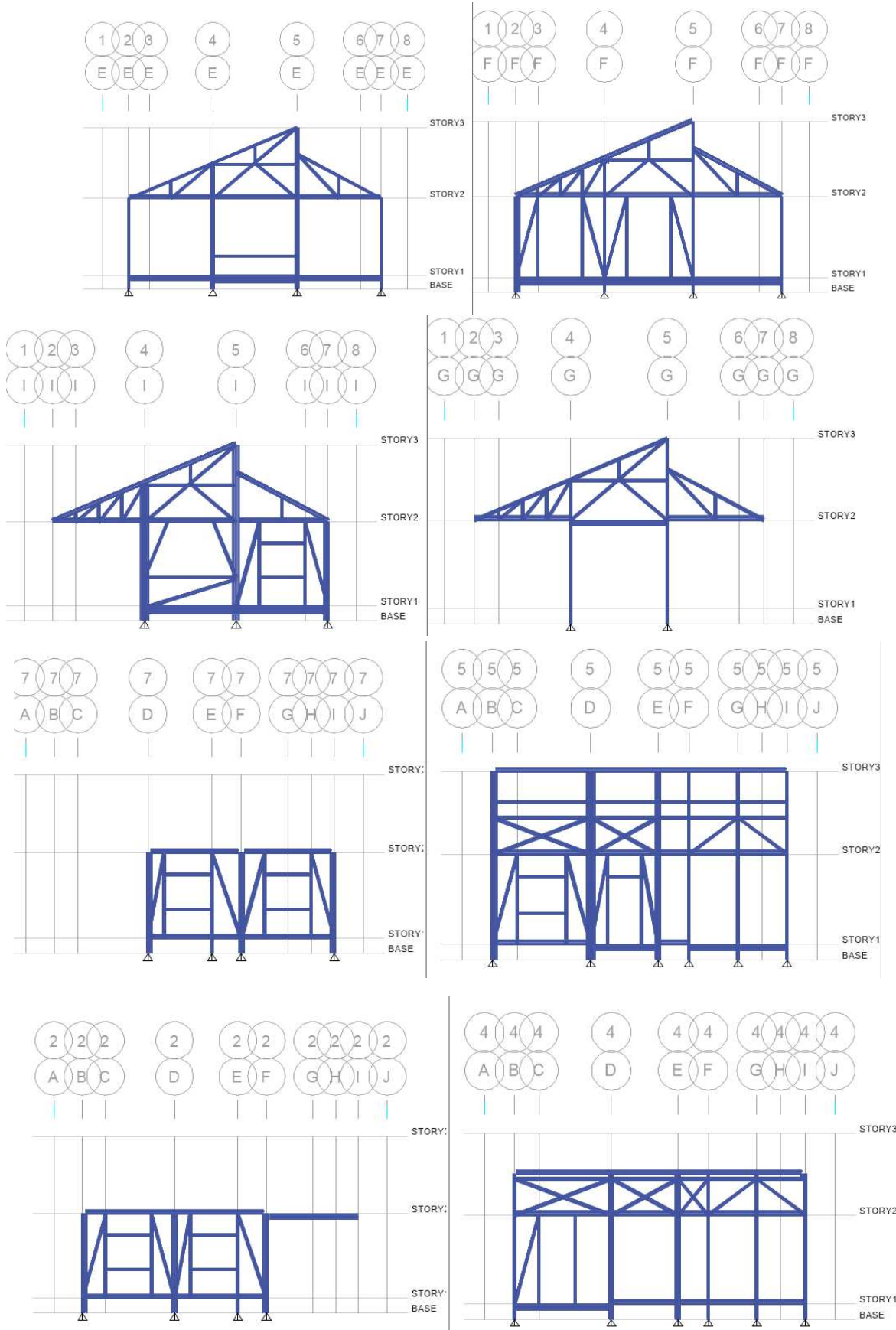


Valores promedios de resistencia y de módulo de elasticidad a tensión en las tres secciones de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)



Valores promedios de resistencia y de módulo de elasticidad a flexión en la sección media de la GaK de los cantones Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. (Verduga, 2019)

Pórticos de la Vivienda



Derivas Máximas Manta

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
			mm	mm	
STORY3	Dead	X	0,228	0,113	2,019
STORY3	Dead	Y	0,211	0,083	2,551
STORY3	Live	X	0,579	0,274	2,113
STORY3	Live	Y	0,383	0,127	3,015
STORY3	SCP	X	0,009	0,004	2,289
STORY3	Ex	X	1,928	1,32	1,46
STORY3	Ey	X	0,078	0,028	2,791
STORY3	Ey	Y	0,477	0,274	1,736
STORY3	EQx Max	X	0,003	0,002	1,061
STORY3	EQx Max	Y	0,0004511	0,000268	1,683
STORY3	EQy Max	X	0,001	0,001	1,787
STORY3	EQy Max	Y	0,001	0,0003133	1,856
STORY3	DEAD-1 Max	X	0,225	0,112	2,016
STORY3	DEAD-1 Max	Y	0,211	0,083	2,548
STORY3	DEAD-1 Min	X	0,225	0,112	2,016
STORY3	DEAD-1 Min	Y	0,211	0,083	2,548
STORY3	ACASE 1	X	1,398	0,676	2,068
STORY3	ACASE 1	Y	1,083	0,391	2,77
STORY3	D+L	X	0,816	0,391	2,086
STORY3	D+L	Y	0,592	0,207	2,853
STORY3	D	X	0,238	0,117	2,025
STORY3	D	Y	0,209	0,08	2,596
STORY3	D+0,75L+0,525Ex	X	1,046	1,001	1,045
STORY3	D+0,75L+0,525Ex	Y	0,589	0,127	4,623
STORY3	D+0,75L-0,525Ex	X	1,038	0,37	2,803
STORY3	D+0,75L-0,525Ex	Y	0,403	0,213	1,89
STORY3	D+0,75L+0,525Ey	X	0,683	0,308	2,217
STORY3	D+0,75L+0,525Ey	Y	0,365	0,049	7,382
STORY3	D+0,75L-0,525Ey	X	0,66	0,337	1,956
STORY3	D+0,75L-0,525Ey	Y	0,626	0,302	2,076
STORY3	D+0,7Ex	X	1,346	1,042	1,293
STORY3	D-0,7Ex	X	1,352	0,807	1,676
STORY3	D+0,7Ey	X	0,253	0,098	2,586
STORY3	D+0,7Ey	Y	0,21	0,088	2,396
STORY3	D-0,7Ey	X	0,222	0,124	1,793
STORY3	D-0,7Ey	Y	0,465	0,266	1,747
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Max	X	0,673	0,324	2,077
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Max	Y	0,496	0,175	2,826
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Min	X	0,67	0,322	2,085
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Min	Y	0,496	0,176	2,821
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Max	X	0,673	0,324	2,077
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Max	Y	0,496	0,175	2,826
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Min	X	0,67	0,322	2,085
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Min	Y	0,496	0,176	2,821

STORY3	D+0,75L+0,525EQy Max	X	0,672	0,323	2,08
STORY3	D+0,75L+0,525EQy Max	Y	0,496	0,175	2,825
STORY3	D+0,75L+0,525EQy Min	X	0,671	0,323	2,081
STORY3	D+0,75L+0,525EQy Min	Y	0,496	0,176	2,822
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Max	X	0,672	0,323	2,08
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Max	Y	0,496	0,175	2,825
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Min	X	0,671	0,323	2,081
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Min	Y	0,496	0,176	2,822
STORY3	D+0,7EQx Max	X	0,24	0,119	2,011
STORY3	D+0,7EQx Max	Y	0,208	0,08	2,602
STORY3	D+0,7EQx Min	X	0,236	0,116	2,04
STORY3	D+0,7EQx Min	Y	0,209	0,081	2,59
STORY3	D-0,7EQx Max	X	0,24	0,119	2,011
STORY3	D-0,7EQx Max	Y	0,208	0,08	2,602
STORY3	D-0,7EQx Min	X	0,236	0,116	2,04
STORY3	D-0,7EQx Min	Y	0,209	0,081	2,59
STORY3	D+0,7EQy Max	X	0,239	0,118	2,024
STORY3	D+0,7EQy Max	Y	0,208	0,08	2,6
STORY3	D+0,7EQy Min	X	0,237	0,117	2,026
STORY3	D+0,7EQy Min	Y	0,209	0,081	2,592
STORY3	D-0,7EQy Max	X	0,239	0,118	2,024
STORY3	D-0,7EQy Max	Y	0,208	0,08	2,6
STORY3	D-0,7EQy Min	X	0,237	0,117	2,026
STORY3	D-0,7EQy Min	Y	0,209	0,081	2,592
STORY2	Dead	Y	0,118	0,041	2,848
STORY2	Live	X	0,416	0,161	2,588
STORY2	Live	Y	0,384	0,18	2,131
STORY2	SCP	X	0,007	0,003	2,368
STORY2	SCP	Y	0,02	0,013	1,566
STORY2	Ex	X	10,772	9,752	1,105
STORY2	Ey	Y	6,512	6,096	1,068
STORY2	EQx Max	X	0,015	0,013	1,167
STORY2	EQx Max	Y	0,003	0,002	1,741
STORY2	EQy Max	Y	0,009	0,009	1,095
STORY2	DEAD-1 Max	Y	0,118	0,041	2,854
STORY2	DEAD-1 Min	Y	0,118	0,041	2,854
STORY2	ACASE 1	X	0,782	0,226	3,453
STORY2	ACASE 1	Y	0,849	0,377	2,252
STORY2	D+L	X	0,504	0,167	3,019
STORY2	D+L	Y	0,513	0,233	2,197
STORY2	D	X	0,089	0,006	13,867
STORY2	D	Y	0,129	0,053	2,418
STORY2	D+0,75L+0,525Ex	X	5,535	5,091	1,087
STORY2	D+0,75L-0,525Ex	X	5,87	5,154	1,139
STORY2	D+0,75L+0,525Ey	Y	3,708	3,411	1,087
STORY2	D+0,75L-0,525Ey	Y	3,252	2,957	1,1
STORY2	D+0,7Ex	X	7,543	6,854	1,1
STORY2	D-0,7Ex	X	7,551	6,794	1,111
STORY2	D+0,7Ey	Y	4,642	4,345	1,068
STORY2	D-0,7Ey	Y	4,475	4,169	1,073

STORY2	D+0,75L+0,525EQx Max	X	0,392	0,12	3,272
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Max	Y	0,418	0,189	2,21
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Min	X	0,409	0,134	3,051
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Min	Y	0,416	0,188	2,215
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Max	X	0,392	0,12	3,272
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Max	Y	0,418	0,189	2,21
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Min	X	0,409	0,134	3,051
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Min	Y	0,416	0,188	2,215
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Max	X	0,4	0,127	3,162
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Max	Y	0,422	0,193	2,184
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Min	X	0,401	0,127	3,148
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Min	Y	0,412	0,184	2,242
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Max	X	0,4	0,127	3,162
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Max	Y	0,422	0,193	2,184
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Min	X	0,401	0,127	3,148
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Min	Y	0,412	0,184	2,242
STORY2	D+0,7EQx Max	Y	0,13	0,054	2,405
STORY2	D+0,7EQx Min	X	0,099	0,016	6,32
STORY2	D+0,7EQx Min	Y	0,127	0,052	2,433
STORY2	D-0,7EQx Max	Y	0,13	0,054	2,405
STORY2	D-0,7EQx Min	X	0,099	0,016	6,32
STORY2	D-0,7EQx Min	Y	0,127	0,052	2,433
STORY2	D+0,7EQy Max	Y	0,135	0,059	2,275
STORY2	D+0,7EQy Min	X	0,089	0,007	12,879
STORY2	D+0,7EQy Min	Y	0,122	0,047	2,599
STORY2	D-0,7EQy Max	Y	0,135	0,059	2,275
STORY2	D-0,7EQy Min	X	0,089	0,007	12,879
STORY2	D-0,7EQy Min	Y	0,122	0,047	2,599
STORY1	Dead	X	0,082	0,026	3,169
STORY1	Live	X	0,152	0,023	6,521
STORY1	Live	Y	0,139	0,01	13,641
STORY1	SCP	X	0,004	0,000124	30,367
STORY1	SCP	Y	0,005	0,001	4,997
STORY1	Ex	X	3,621	3,548	1,021
STORY1	Ey	Y	2,224	2,111	1,054
STORY1	EQx Max	X	0,006	0,005	1,119
STORY1	EQx Max	Y	0,001	0,001	1,747
STORY1	EQy Max	Y	0,003	0,003	1,012
STORY1	DEAD-1 Max	X	0,079	0,025	3,212
STORY1	DEAD-1 Min	X	0,079	0,025	3,212
STORY1	ACASE 1	X	0,423	0,098	4,305
STORY1	ACASE 1	Y	0,336	0,011	30,176
STORY1	D+L	X	0,237	0,049	4,845
STORY1	D+L	Y	0,198	0,01	20,027
STORY1	D	X	0,085	0,026	3,322
STORY1	D+0,75L+0,525Ex	X	2,024	1,906	1,062
STORY1	D+0,75L-0,525Ex	X	2,014	1,82	1,107
STORY1	D+0,75L+0,525Ey	Y	1,197	1,101	1,088
STORY1	D+0,75L-0,525Ey	Y	1,331	1,115	1,193
STORY1	D+0,7Ex	X	2,518	2,509	1,003

STORY1	D-0,7Ex	X	2,569	2,458	1,045
STORY1	D+0,7Ey	Y	1,498	1,478	1,013
STORY1	D-0,7Ey	Y	1,616	1,477	1,094
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Max	X	0,202	0,046	4,402
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Max	Y	0,163	0,007	23,506
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Min	X	0,197	0,041	4,865
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Min	Y	0,164	0,008	21,108
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Max	X	0,202	0,046	4,402
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Max	Y	0,163	0,007	23,506
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Min	X	0,197	0,041	4,865
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Min	Y	0,164	0,008	21,108
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Max	X	0,2	0,043	4,604
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Max	Y	0,162	0,006	28,466
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Min	X	0,199	0,043	4,634
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Min	Y	0,165	0,009	18,316
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Max	X	0,2	0,043	4,604
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Max	Y	0,162	0,006	28,466
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Min	X	0,199	0,043	4,634
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Min	Y	0,165	0,009	18,316
STORY1	D+0,7EQx Max	X	0,088	0,029	3,025
STORY1	D+0,7EQx Min	X	0,082	0,022	3,713
STORY1	D-0,7EQx Max	X	0,088	0,029	3,025
STORY1	D-0,7EQx Min	X	0,082	0,022	3,713
STORY1	D+0,7EQy Max	X	0,085	0,026	3,3
STORY1	D+0,7EQy Min	X	0,085	0,025	3,344
STORY1	D-0,7EQy Max	X	0,085	0,026	3,3
STORY1	D-0,7EQy Min	X	0,085	0,025	3,344

Derivas Máximas Quito

Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
			mm	mm	
STORY3	Dead	X	0,221	0,109	2,03
STORY3	Dead	Y	0,196	0,076	2,59
STORY3	Live	X	0,602	0,285	2,112
STORY3	Live	Y	0,396	0,132	3,015
STORY3	SCP	X	0,097	0,042	2,287
STORY3	Ex	X	2,799	1,951	1,435
STORY3	Ey	X	0,111	0,084	1,325
STORY3	Ey	Y	0,686	0,396	1,732
STORY3	EQx Max	X	0,003	0,003	1,137
STORY3	EQx Max	Y	0,001	0,0004207	1,737
STORY3	EQy Max	X	0,001	0,0003919	1,561
STORY3	EQy Max	Y	0,001	0,0003874	1,791
STORY3	DEAD-1 Max	X	0,217	0,107	2,027
STORY3	DEAD-1 Max	Y	0,196	0,076	2,587
STORY3	DEAD-1 Min	X	0,217	0,107	2,027
STORY3	DEAD-1 Min	Y	0,196	0,076	2,587
STORY3	ACASE 1	X	1,635	0,778	2,101
STORY3	ACASE 1	Y	1,002	0,318	3,147
STORY3	D+L	X	0,919	0,436	2,105
STORY3	D+L	Y	0,57	0,184	3,101
STORY3	D	X	0,317	0,152	2,093
STORY3	D	Y	0,173	0,052	3,319
STORY3	D+0,75L+0,525Ex	X	1,437	1,392	1,032
STORY3	D+0,75L-0,525Ex	X	1,507	0,659	2,288
STORY3	D+0,75L-0,525Ex	Y	0,333	0,15	2,21
STORY3	D+0,75L+0,525Ey	X	0,717	0,311	2,306
STORY3	D+0,75L-0,525Ey	X	0,82	0,419	1,959
STORY3	D+0,75L-0,525Ey	Y	0,664	0,33	2,011
STORY3	D+0,7Ex	X	1,945	1,517	1,282
STORY3	D-0,7Ex	X	1,973	1,214	1,626
STORY3	D+0,7Ey	X	0,248	0,079	3,138
STORY3	D+0,7Ey	Y	0,389	0,212	1,833
STORY3	D-0,7Ey	X	0,386	0,209	1,851
STORY3	D-0,7Ey	Y	0,571	0,342	1,67
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Max	X	0,77	0,367	2,1
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Max	Y	0,47	0,151	3,125
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Min	X	0,767	0,364	2,108
STORY3	D+0,75L+0,525EQx Min	Y	0,471	0,151	3,116
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Max	X	0,77	0,367	2,1
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Max	Y	0,47	0,151	3,125
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Min	X	0,767	0,364	2,108
STORY3	D+0,75L-0,525EQx Min	Y	0,471	0,151	3,116
STORY3	D+0,75L+0,525EQy Max	X	0,769	0,365	2,104

STORY3	D+0,75L+0,525EQy Max	Y	0,47	0,151	3,123
STORY3	D+0,75L+0,525EQy Min	X	0,768	0,365	2,105
STORY3	D+0,75L+0,525EQy Min	Y	0,471	0,151	3,117
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Max	X	0,769	0,365	2,104
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Max	Y	0,47	0,151	3,123
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Min	X	0,768	0,365	2,105
STORY3	D+0,75L-0,525EQy Min	Y	0,471	0,151	3,117
STORY3	D+0,7EQx Max	X	0,32	0,154	2,08
STORY3	D+0,7EQx Max	Y	0,173	0,052	3,338
STORY3	D+0,7EQx Min	X	0,315	0,15	2,107
STORY3	D+0,7EQx Min	Y	0,173	0,053	3,301
STORY3	D-0,7EQx Max	X	0,32	0,154	2,08
STORY3	D-0,7EQx Max	Y	0,173	0,052	3,338
STORY3	D-0,7EQx Min	X	0,315	0,15	2,107
STORY3	D-0,7EQx Min	Y	0,173	0,053	3,301
STORY3	D+0,7EQy Max	X	0,318	0,152	2,092
STORY3	D+0,7EQy Max	Y	0,173	0,052	3,33
STORY3	D+0,7EQy Min	X	0,317	0,151	2,094
STORY3	D+0,7EQy Min	Y	0,174	0,052	3,308
STORY3	D-0,7EQy Max	X	0,318	0,152	2,092
STORY3	D-0,7EQy Max	Y	0,173	0,052	3,33
STORY3	D-0,7EQy Min	X	0,317	0,151	2,094
STORY3	D-0,7EQy Min	Y	0,174	0,052	3,308
STORY2	Dead	X	0,091	0,012	7,806
STORY2	Dead	Y	0,111	0,039	2,85
STORY2	Live	X	0,431	0,166	2,592
STORY2	Live	Y	0,399	0,187	2,134
STORY2	SCP	X	0,07	0,029	2,369
STORY2	SCP	Y	0,204	0,13	1,567
STORY2	Ex	X	15,99	14,517	1,101
STORY2	Ey	Y	9,525	8,962	1,063
STORY2	EQx Max	X	0,019	0,016	1,159
STORY2	EQx Max	Y	0,003	0,002	1,781
STORY2	EQy Max	Y	0,011	0,01	1,086
STORY2	DEAD-1 Max	X	0,091	0,013	7,254
STORY2	DEAD-1 Max	Y	0,112	0,039	2,853
STORY2	DEAD-1 Min	X	0,091	0,013	7,254
STORY2	DEAD-1 Min	Y	0,112	0,039	2,853
STORY2	ACASE 1	X	0,999	0,349	2,862
STORY2	ACASE 1	Y	1,297	0,767	1,691
STORY2	D+L	X	0,592	0,215	2,76
STORY2	D+L	Y	0,683	0,377	1,809
STORY2	D	X	0,161	0,048	3,336
STORY2	D	Y	0,284	0,188	1,512
STORY2	D+0,75L+0,525Ex	X	8,211	7,556	1,087
STORY2	D+0,75L-0,525Ex	X	8,664	7,687	1,127
STORY2	D+0,75L+0,525Ey	Y	5,448	5,03	1,083
STORY2	D+0,75L-0,525Ey	Y	4,646	4,337	1,071
STORY2	D+0,7Ex	X	11,137	10,155	1,097
STORY2	D-0,7Ex	X	11,249	10,158	1,107

STORY2	D+0,7Ey	Y	6,919	6,461	1,071
STORY2	D-0,7Ey	Y	6,416	6,064	1,058
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Max	X	0,475	0,164	2,885
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Max	Y	0,584	0,331	1,762
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Min	X	0,494	0,181	2,723
STORY2	D+0,75L+0,525EQx Min	Y	0,582	0,33	1,763
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Max	X	0,475	0,164	2,885
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Max	Y	0,584	0,331	1,762
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Min	X	0,494	0,181	2,723
STORY2	D+0,75L-0,525EQx Min	Y	0,582	0,33	1,763
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Max	X	0,484	0,173	2,803
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Max	Y	0,589	0,336	1,751
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Min	X	0,485	0,173	2,797
STORY2	D+0,75L+0,525EQy Min	Y	0,577	0,325	1,775
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Max	X	0,484	0,173	2,803
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Max	Y	0,589	0,336	1,751
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Min	X	0,485	0,173	2,797
STORY2	D+0,75L-0,525EQy Min	Y	0,577	0,325	1,775
STORY2	D+0,7EQx Max	X	0,148	0,037	4,005
STORY2	D+0,7EQx Max	Y	0,286	0,189	1,51
STORY2	D+0,7EQx Min	X	0,174	0,06	2,921
STORY2	D+0,7EQx Min	Y	0,282	0,187	1,513
STORY2	D-0,7EQx Max	X	0,148	0,037	4,005
STORY2	D-0,7EQx Max	Y	0,286	0,189	1,51
STORY2	D-0,7EQx Min	X	0,174	0,06	2,921
STORY2	D-0,7EQx Min	Y	0,282	0,187	1,513
STORY2	D+0,7EQy Max	X	0,161	0,048	3,357
STORY2	D+0,7EQy Max	Y	0,292	0,195	1,495
STORY2	D+0,7EQy Min	X	0,162	0,049	3,315
STORY2	D+0,7EQy Min	Y	0,276	0,181	1,53
STORY2	D-0,7EQy Max	X	0,161	0,048	3,357
STORY2	D-0,7EQy Max	Y	0,292	0,195	1,495
STORY2	D-0,7EQy Min	X	0,162	0,049	3,315
STORY2	D-0,7EQy Min	Y	0,276	0,181	1,53
STORY1	Dead	X	0,076	0,023	3,341
STORY1	Live	X	0,159	0,024	6,519
STORY1	Live	Y	0,146	0,011	13,331
STORY1	SCP	X	0,039	0,001	28,743
STORY1	SCP	Y	0,047	0,01	4,926
STORY1	Ex	X	5,892	5,817	1,013
STORY1	Ey	Y	3,748	3,509	1,068
STORY1	EQx Max	X	0,008	0,007	1,114
STORY1	EQy Max	Y	0,005	0,005	1,029
STORY1	DEAD-1 Max	X	0,072	0,021	3,403
STORY1	DEAD-1 Min	X	0,072	0,021	3,403
STORY1	ACASE 1	X	0,5	0,088	5,705
STORY1	ACASE 1	Y	0,448	0,036	12,549
STORY1	D+L	X	0,271	0,046	5,922
STORY1	D+L	Y	0,246	0,02	12,266
STORY1	D	X	0,112	0,021	5,24

STORY1	D	Y	0,1	0,009	10,984
STORY1	D+0,75L+0,525Ex	X	3,246	3,094	1,049
STORY1	D+0,75L-0,525Ex	X	3,246	3,014	1,077
STORY1	D+0,75L+0,525Ey	Y	1,891	1,825	1,036
STORY1	D+0,75L-0,525Ey	Y	2,177	1,86	1,171
STORY1	D+0,7Ex	X	4,131	4,093	1,009
STORY1	D-0,7Ex	X	4,194	4,05	1,035
STORY1	D+0,7Ey	Y	2,524	2,448	1,031
STORY1	D-0,7Ey	Y	2,724	2,466	1,105
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Max	X	0,235	0,044	5,39
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Max	Y	0,209	0,017	12,481
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Min	X	0,228	0,036	6,366
STORY1	D+0,75L+0,525EQx Min	Y	0,21	0,018	11,74
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Max	X	0,235	0,044	5,39
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Max	Y	0,209	0,017	12,481
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Min	X	0,228	0,036	6,366
STORY1	D+0,75L-0,525EQx Min	Y	0,21	0,018	11,74
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Max	X	0,232	0,04	5,808
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Max	Y	0,206	0,015	14,032
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Min	X	0,231	0,04	5,853
STORY1	D+0,75L+0,525EQy Min	Y	0,212	0,02	10,665
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Max	X	0,232	0,04	5,808
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Max	Y	0,206	0,015	14,032
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Min	X	0,231	0,04	5,853
STORY1	D+0,75L-0,525EQy Min	Y	0,212	0,02	10,665
STORY1	D+0,7EQx Max	X	0,117	0,027	4,392
STORY1	D+0,7EQx Max	Y	0,099	0,008	11,908
STORY1	D+0,7EQx Min	X	0,107	0,016	6,631
STORY1	D+0,7EQx Min	Y	0,1	0,01	10,203
STORY1	D-0,7EQx Max	X	0,117	0,027	4,392
STORY1	D-0,7EQx Max	Y	0,099	0,008	11,908
STORY1	D-0,7EQx Min	X	0,107	0,016	6,631
STORY1	D-0,7EQx Min	Y	0,1	0,01	10,203
STORY1	D+0,7EQy Max	X	0,112	0,022	5,192
STORY1	D+0,7EQy Max	Y	0,096	0,006	17,023
STORY1	D+0,7EQy Min	X	0,112	0,021	5,29
STORY1	D+0,7EQy Min	Y	0,103	0,013	8,255
STORY1	D-0,7EQy Max	X	0,112	0,022	5,192
STORY1	D-0,7EQy Max	Y	0,096	0,006	17,023
STORY1	D-0,7EQy Min	X	0,112	0,021	5,29
STORY1	D-0,7EQy Min	Y	0,103	0,013	8,255