

PREDISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA PARA PUENTE PEATONAL EN
GUADUA, EN EL KILÓMETRO 48+500 DE LA AUTOPISTA BOGOTÁ VILLETÁ

CRISTHIAN ALEJANDRO MEJÍA LEMUS

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
OCTUBRE DE 2018

PREDISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA PARA PUENTE PEATONAL EN
GUADUA, EN EL KILÓMETRO 48+500 DE LA AUTOPISTA BOGOTÁ VILLETÁ

CRISTHIAN ALEJANDRO MEJÍA LEMUS

Trabajo De Grado Como Requisito Para Optar Al Título profesional De Ingeniero
Civil

Director: Jorge Enrique Franco Carbonell
Ingeniero Civil

Par Académico: Ricardo Correa Uribe
Ingeniero Civil

Universidad Santo Tomas
Facultad De Ingeniería Civil
Bogotá D.C.

Octubre De 2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma de jurado

Firma de jurado

Bogotá D.C., Octubre de 2018

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado, principalmente a Dios y a mis padres Aura Yaneth y Luis Eugenio, quienes han estado pendientes de cada paso que doy, siempre acompañado y guiado por ellos, personas con quienes, sin lugar a dudas, podré contar por el resto de mis días.

A mis hermanos Andrés Fernando y Luis Miguel, quienes me han aportado experiencias inolvidables, preservando mi felicidad, armonía y tranquilidad.

También hago una dedicatoria muy especial a mis abuelos paternos Ignacio (Q.E.P.D.) y Flor Alba Mejía, quienes desde los dos meses de edad me acogieron en su hogar para formarme e inculcarme sus principios, a quienes no me alcanzará la vida para agradecerles, lo que hicieron y hacen por mí.

A mis tíos, tías, primos y demás familiares.

Cristhian Alejandro Mejía Lemus

Agradecimientos

Inicialmente agradezco al Ingeniero Jorge Enrique Franco Carbonell, el cual desde las aulas de clase y laboratorios, me ha enseñado las facultades y las bondades del bambú o guadua. Material por el cual se rige este trabajo, y también me ha motivado a seguir trabajando e investigando con este material en un futuro.

Al ingeniero Ricardo Correa Uribe, quien, muy atentamente se prestó para controlar y hacer claras sus posiciones en cuanto a este proyecto, y compartir sus conocimientos en puentes.

También agradezco a los docentes de la universidad santo tomas, quienes han intervenido en mi proceso de formación, tanto en la parte técnica profesional, ético-humanística, etc.

A todas las personas que en su vida, que sin importar su nivel de educación. Han hecho aportes sin medir su cantidad y calidad, al crecimiento y posicionamiento del bambú en sus miles de usos, en Colombia.

Tabla de Contenido

Glosario	11
Resumen	12
Introducción	13
1. Formulación Del Problema	14
1.1. Descripción Detallada Del Proyecto	14
2. Justificación	14
3. Objetivos	15
3.1. Objetivo General	15
3.2. Objetivos Específicos	15
4. Marco Referencial	15
4.1. Marco Científico	15
4.2. Marco Teórico	16
4.3. Marco Tecnológico	16
4.4. Marco Histórico (Estado Del Arte)	17
5. Localización Del Proyecto	18
6. Fases A Desarrollar	20
7. Levantamiento Topográfico Del Sector	20
7.1. Metodología	20
7.2. Equipo Utilizado	21
7.3. Datos Utilizados Para El Amarre	22
7.4. Datos Procesados De La Cartera Electrónica	23
8. Dimensionamiento Arquitectónico	23
8.1. Parámetros Arquitectónicos Para El Diseño De Puentes Peatonales En Vías 4g En Sectores Rurales	24
8.1.1. Gálibo	24
8.1.2. Ancho De Tablero	24
8.1.3. Pendiente De Tablero	25
8.1.4. Cubierta	26
9. Elaboración De Modelo Alámbrico	27

10.	Desarrollo Del Análisis Estructural En Programa Sap-2000	29
10.1.	Materiales.....	29
10.2.	Materiales Estructurales	30
10.3.	Descripción De La Estructura	30
10.4.	Análisis Estructural	30
10.5.	Verificación De Esfuerzos.....	31
10.6.	Características Del Análisis Estructural	31
10.7.	Análisis De Cargas	31
10.7.1.	Evaluación De Cargas En El Tablero	31
10.7.2.	Carga Muerta (Scp).....	31
10.7.2.1.	Carga Muerta Cordones Superiores (Arco Superior).....	32
10.7.2.2.	Carga Muerta Cordones Inferior (Arco Inferior)	32
10.7.3.	Carga Permanente Debido Al Peso De Los Elementos Guadua, Tablero De Piso Y Membrana En Cubierta.....	33
10.7.4.	Carga Viva	33
10.7.4.1.	Carga Viento (W)	33
10.7.6.	Presión De Viento Perpendicular A La Cubierta Ascendente Y Descendente.....	35
10.7.7.	Carga Muerta Cordón Superior Interno De Cubierta.....	35
10.7.8.	Carga Muerta Cordones Superior Externos De Cubierta	35
10.7.9.	Carga Viva De Barandas.....	36
10.7.10.	Vehículo De Carga.....	36
10.8.	Cargas Sísmicas	36
10.8.1.	Casos De Carga.....	42
10.8.2.	Análisis De Combinaciones De Carga Para Carga Viva	43
10.8.3.	Combinaciones De Carga Según Ccp14	44
10.8.3.1.	Combinaciones De Carga De Resistencia Última (Strength I, li, lii, Iv Y V) 44	
10.8.3.2.	Denominación De Cargas	45
10.8.3.3.	Combinaciones De Carga De Eventos Extremos (Extreme Event I Y li): 46	
10.8.3.4.	Combinación De Carga De Fatiga Y Fractura (Fatigue)	46

10.8.4.	Combinaciones De Carga	47
10.8.5.	Definición Del Nivel De Comodidad.....	48
10.8.5.1.	Aceleración Rangos Asociados A Niveles De Confort	48
10.9.	Análisis Dinámico De La Estructura.....	50
10.9.1.	Deflexión	55
11.	Calculo De Elementos Según El Título G-12 Del Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente Nsr-10	55
11.1.	Diseño De Elementos En Guadua	55
11.2.	Esfuerzos Admisibles Y Módulos De Elasticidad	57
11.2.1.	Coeficientes De Modificación	58
11.3.	Diseño De Elementos Sometidos A Flexión.....	59
11.3.1.	Luz De Diseño.....	60
11.3.2.	Deflexiones	60
11.3.3.	Análisis De Vibraciones Según Documento Setra	61
12.	Conclusiones	67
13.	Planos Estructurales De La Superestructura Del Puente	68
	Bibliografía.....	69
	Anexos	71
1.	Cartera Topográfica.....	72
2.	Plano De Levantamiento Topográfico	89
3.	Cd Con Tabla Periodos Y Frecuencias Para 10 Modos De Vibración (Completa)	89
4.	Cd Con Tabla De Cálculos De Elementos En Guadua Según Nsr10 (Completo)	89

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ubicación Del Proyecto A Nivel Departamental FUENTE: GOOGLE MAPS	19
Ilustración 2: Ubicación Del Proyecto A Nivel Municipal FUENTE: GOOGLE MAPS	19
Ilustración 3: fotografía aérea de la ubicación del proyecto FUENTE: Concesión sabana de occidente SAS.....	20

Ilustración 4: equipo topográfico TOPCON 245NW, FUENTE: FABRICANTE	22
Ilustración 5: Descripción de punto materializado municipio de La Vega, Cundinamarca FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC)	23
Ilustración 6 : Galibo implementado	24
Ilustración 7: Render de la superestructura enfatizando el detalle del ancho de tablero	25
Ilustración 8: Render arquitectónico de detalle del tablero y la pendiente	25
Ilustración 9: render de detalle de cubierta del puente	26
Ilustración 10: render de detalle de cubierta	26
Ilustración 11: Modelo alámbrico en vista lateral.....	27
Ilustración 12: modelo alámbrico, detalle de placa inferior y estructura de cubierta	28
Ilustración 13: Modelo alámbrico detalle de arcos y cubierta.	28
Ilustración 14: Módulos de elasticidad Ei. Tomada de NSR-10 Título G.12.....	30
Ilustración 15: dimensiones en centro de luz	34
Ilustración 16: mapa de valores Ss. Fuente: código colombiano de puentes CCP- 14	37
Ilustración 17: mapa de valores S1. Fuente: código colombiano de puentes CCP- 14	38
Ilustración 18: Espectro elástico de aceleraciones. Fuente. Código Colombiano de Puentes CCP-14.....	41
Ilustración 19: Espectro elástico de diseño. Fuente. Elaboración propia.....	42
Ilustración 20: modelo del puente cargado a programa SAP-2000	51
Ilustración 21: colocación de la carga (CVT) Carga viva en tablero al modelo en SAP2000	51
Ilustración 22: colocación de la carga (CVT_2_A) al modelo en SAP2000	52
Ilustración 23: colocación de la carga (CVT_2_P) al modelo en SAP2000	52
Ilustración 24: colocación de la carga (SCP) Sobre carga permanente al modelo en SAP2000	53
Ilustración 25: colocación de la carga (WB) al modelo en SAP2000	53
Ilustración 26: colocación de la carga (WH) al modelo en SAP2000.....	54
Ilustración 27: colocación de la carga (WH2) al modelo en SAP2000.....	54
Ilustración 28: colocación de la carga (WS) al modelo en SAP2000	55
Ilustración 29: Definición de cargas básicas en SAP-2000	56
Ilustración 30: Definición de cargas básicas en SAP-2000 CONTINUACION	57

Índice de tablas

Tabla 1: Datos utilizados para el amarre.....	22
---	----

Tabla 2: Características del análisis y diseño estructural.....	31
Tabla 3: Valores del Factor sitio F_a en el intervalo de periodos de vibración cortos del espectro de aceleraciones. Fuente. Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14.....	39
Tabla 4: Valores del factor sitio F_{pga} , en el periodo de vibración cero del espectro de aceleraciones. Fuente: Norma colombiana de diseño de puentes CCP-14.....	40
Tabla 5: Valores del factor sitio F_v , en el intervalo de periodos de vibración largos del espectro de aceleraciones. Fuente: código colombiano de puentes CCP-14 ..	40
Tabla 6: Datos del espectro de diseño. Fuente. Elaboración propia	41
Tabla 7: Combinaciones de carga. Fuente. Código Colombiano de Puentes CCP-14	44
Tabla 8: Factores para carga permanente. Fuente. Código Colombiano de Puentes CCP-14.....	47
Tabla 9: Rango de aceleraciones (m/s ²) para vibración vertical (Sétra, 2006).....	48
Tabla 10: Rango de aceleraciones (m/s ²) para vibración horizontal (Sétra, 2006):	49
Tabla 11: Rango frecuencias (Hz) para vibración vertical y longitudinal (Sétra, 2006)	49
Tabla 12: Rango frecuencias (Hz) para vibración horizontal lateral (Sétra, 2006) .	50
Tabla 13: Esfuerzos admisibles F_i CH=(12%) Fuente: NSR 10 CAPITULO G12 ..	57
Tabla 14: Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12% Fuente: NSR 10 CAPITULO G12.....	58
Tabla 15: Cálculo de deflexiones Fuente NSR10 CAPITULO G12	60
Tabla 16: Deflexiones admisibles δ (mm) Fuente NSR10 CAPITULO G12.....	61
Tabla 17: Periodos y frecuencias para 10 modos de vibración	61
Tabla 18: resultados de solicitudes de tensión en elementos SAP2000.....	63
Tabla 19: Diseño de elementos en guadua según título G12 NSR200	64
Tabla 20: Diseño de elementos en guadua según título G12 NSR200 Continuacion	65
Tabla 21: resultado en cantidades de guadua	66
Tabla 22: Resultados SAP2000	66

GLOSARIO

Flexión: deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Contra flecha: ligera curvatura, convexa, que se realiza en una viga o cercha para compensar cualquier flecha prevista cuando soporte un peso.

Compresión: es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección

Cercha: estructura o armadura de cubierta que sirve de base para la construcción de arcos, bóvedas y otras estructuras.

Tensión: fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre la superficie de un cuerpo.

Preservación: cuidar, amparar o defender algo con anticipación, con el objetivo de evitar un eventual perjuicio o deterioro.

Diámetro externo: diámetro de una sección transversal de una pieza de guadua medido desde dos puntos opuestos en la superficie externa.

Tallo o culmo: eje aéreo segmentado formado por nudos y entrenudos.

Entrenudo: parte del tallo comprendida entre dos nudos de donde sale otra rama.

Contenido de humedad: contenido de agua al interior de un cuerpo expresado como la relación en porcentaje entre el peso del agua contenida y el peso del material anhidro.

RESUMEN

En Colombia en los últimos años se ha tenido un notable desarrollo en su infraestructura vial, este fenómeno se llama cuarta generación de concesiones viales (4G).

Estas nuevas vías reducen los tiempos de viaje de los usuarios, además que permiten mejores experiencias al encontrar un número más grande de asistencias viales. Cuando hablamos de reducción de tiempos de viaje una de sus variables más importantes. Es la velocidad que aumenta con la que los usuarios abordan estas vías, esto se convierte en un inconveniente para las poblaciones, comunidades y vecinos de estas vías.

En la doble calzada Bogotá-Villeta en el sector del laurel en jurisdicción del municipio de La Vega Cundinamarca, en la vía se denota con la abscisa km 48+500. Se ha concluido que este sector es óptimo para la implantación de un puente peatonal.

La facultad de ingeniería civil de la universidad santo tomas. Y su línea de investigación de estructuras en guadua. Conoció esta necesidad que existía y se aprobó que en este sector se puede construir un puente en guadua.

En este trabajo se realiza un prediseño de la superestructura de un puente el cual consta de dos arcos (superior e inferior), con elementos de amarre tipo lápiz en guadua. Y una cubierta en guadua y membrana que resguarda la estructura de la lluvia.

En Colombia y sus principales normatividades de construcción entiéndase código colombiano de puentes 2014 (CCP14) y norma colombiana de construcciones sismo resistentes de 2010 (NSR-10) no se encuentra información y recomendaciones acerca de este tipo de estructuras. Pero desde la academia se ha venido trabajando en realizar recomendaciones y normatividad para este problema

Para la elaboración de este trabajo se consultará normatividad internacional, manuales nacionales e internacionales.

INTRODUCCIÓN

Este documento contiene la memoria de cálculo, el análisis y diseño estructural del puente de dos arcos con tensores de guadua que se proyecta construir en el sector. El laurel de la autopista Bogotá-Villeta en la abscisa km 48+ 500. Las memorias de cálculo incluyen datos e información realizadas por el autor y recolectada en campo junto con esta se citan normas, códigos, reglamentos y criterios de análisis y diseño basados en bibliografía y experiencias recolectadas por el autor, que se han considerado para realizar el análisis y diseño de la estructura en estudio.

El presente documento contempla el análisis y diseño estructural de un puente peatonal proyectado en guadua. El análisis incluye el planteamiento de la información geométrica y mecánica de los diferentes materiales que constituirán la estructura proyectada.

Con base a esta información se plantearán modelos matemáticos simples y compuestos para evaluar los diferentes esfuerzos a los que encuentran sometidos los diferentes elementos estructurales. Una vez obtenidas las solicitaciones en los diferentes elementos se aplica para el diseño de estos la metodología propuesta para el diseño de elementos en guadua Capítulo G.12 del Reglamento NSR10.

1. Formulación Del Problema

Colombia en su plan de desarrollo vial muy atrasado en los últimos 50 años ha generado dificultades para aquellos centros poblados, caseríos, municipios, dificultades para atravesar estas grandes vías; por este motivo es que en kilómetro 48+500 de la autopista Bogotá - Villeta hemos decidido solucionar este problema con el diseño de un puente peatonal poliédrico en guadua como una alternativa de los pobladores de la región.

Este puente en el sitio tendrá una luz de 42.6 metros que se salvará, con dicho diseño

1.1. Descripción Detallada Del Proyecto

En la autopista Bogotá Villeta en el kilómetro 48+500 se encuentra un caserío el cual requiere que los transeúntes y pobladores de la región puedan atravesar libremente la vía hacia el municipio de San Francisco Cundinamarca la luz a salvar sería de 42.6 metros

Este proyecto se desarrollara acudiendo al Código Colombiano De Puentes CCP14, y las recomendaciones del Reglamento Colombiano Sismo Resistencia NSR-10

El puente estará constituido por una infraestructura en concreto, con unas rampas en espiral y una superestructura constituida por arcos en guadua, un piso diseñado con latas en guadua y un acabado en pisos en caucho con retal de llanta y barandas de aluminio.

2. Justificación

El desarrollo de este proyecto como requisito de la universidad santo tomas como trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil.

Este proyecto también está encaminado como ejercicio académico en el diseño de puentes en guadua, ya que no existe en el código colombiano de puentes una metodología para el cálculo de puentes con este material

Para usuarios, habitantes, vecinos y demás actores involucrados en la utilización de la doble calzada, es necesario que puedan atravesar esta vía de forma segura y cómoda, y con esto la reducción de la tasa de accidentes en la vía.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Realizar un Predimensionamiento estructural de la superestructura de un puente peatonal en guadua de geometría poliédrica y de 42.6 metros de luz, en el kilómetro 48+500 de la autopista Bogotá Villeta

3.2. Objetivos específicos

- Realizar el pre dimensionamiento estructural del puente peatonal poliédrico en guadua en el programa AUTOCAD
- Realizar el cálculo de la superestructura del puente peatonal en bambú guadua con ayuda del programa SAP-2000 para realizar el análisis y el capítulo G.12 para el diseño de los elementos en guadua , Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Código Colombiano de Puentes CCP 14 y guías internacionales para el cálculo de puentes
- Elaborar los planos correspondientes del diseño definitivo

4. Marco referencial

4.1. Marco científico

La guadua conocida comúnmente como bambú leñoso, pertenece a la familia de las gramíneas, con una población alrededor de 1.400 especies en el mundo, de las cuales, 48 aproximadamente se encuentran en nuestro país. Colombia cuenta con una especie que posee excelentes propiedades físico-mecánicas de su familia denominada Guadua *Angustifolia Kunth*. En estado natural en Colombia, esta gramínea alcanza alturas máximas de 30 metros y diámetros de hasta 22 centímetros¹. Su morfología está compuesta por la raíz o rizoma, el tallo o culmo y las ramas, el culmo se va angostando a medida que va creciendo, siendo la cepa la sección basal con mayor diámetro, y la copa la sección con menor diámetro. La lignina, la cutina y el sílice son los químicos naturales que le dan la dureza, la resistencia, y el color característico a la guadua. Presenta condiciones ideales para su aprovechamiento, debido a que se automultiplica vegetativamente al no

¹ ECOHABITAR. Óp. cit.

depender de una semilla para su reproducción, además, su crecimiento es rápido, alrededor de 11 centímetros por día, convirtiéndolo en un recurso renovable y sostenible.

4.2. Marco Teórico

El bambú guadua como elemento constructivo se cree que se empezó a utilizar en Colombia por los indígenas paeces en el Cauca, quienes desarrollaron novedosas técnicas de construcción de puentes usando elementos estructurales creados con esta gramínea de una manera empírica. Gracias al estudio de estos puentes creados por los indígenas, se ha logrado adaptar las técnicas de construcción para su uso en las obras ingenieriles, ya que no se posee actualmente ningún manual o norma de construcción para puentes en bambú guadua debido al crecimiento cónico de su tallo o culmo, provocando que el cálculo estándar de estos elementos varíe en relación con su espesor, diámetro y altura.

Sin embargo, existen recomendaciones aplicables a los elementos estructurales en bambú guadua, donde se resalta la manera de cultivación, recolección y preservación del material, comúnmente denominado proceso de silvicultura, así como los ensayos elaborados para determinar las propiedades físico - mecánicas.

Para que un bambú guadua sirva como elemento de construcción debe presentar una edad de maduración (hecha) entre los 4 y 6 años, en donde se identifique la presencia de líquenes y la desaparición en el tallo del lustre en el entrenudo, además de contar con un contenido de humedad entre el 18% y el 20%. El corte del tallo o culmo para su posterior disposición debe realizarse en el primer o segundo nudo y con un ángulo del 15° para evitar que las raíces se pudran por acción del empozamiento del agua, preferiblemente en una fase cuarto menguante entre las 11 pm y las 4 am para evitar el ataque de los insectos xilófagos, para así concluir con su posterior avinagrado, preservación y secado.

La mayoría de puentes que se han construido en este material presentan una estructura basada en cerchas, con una contraflecha que permite la formación de un arco que compensa el asentamiento del armazón.

4.3. Marco tecnológico

Debido a que en Colombia no se dispone de tecnología para el diseño y realización de estructuras de puentes en guadua, se consultara la información de puentes construidos en Colombia

4.4. Marco histórico (estado del arte)

La humanidad en producto a la necesidad social de comunicarse, conectar y relacionarse en todo su entorno, ha desafiado a la misma naturaleza con la construcción de puentes; con las cuales han permitido cruzar distintos tipos de desafíos y problemas que esto genera debido a los accidentes geográficos que se dan a lo largo de los años en el mundo, desde la inmensidad del mar, los riachuelos y los grandes cañones².

Inicialmente se utilizaban métodos arcaicos y muy complicados para superar estos desafíos como troncos de árboles de orilla a orilla; a lo largo de los años, las diferentes generaciones han desafiado y superado los grandes retos generados por la naturaleza con estructuras inigualables y asombrosas como: Los puentes Golden Gate en Estados Unidos, el Jangyn en China o el Humber en Inglaterra³. Estos puentes ocupan un gran lugar en la historia puesto que tiene mucha importancia las técnicas desarrolladas en ellos, el uso de materiales como hormigón o acero, entre otros materiales, no obstante, también se han realizado construcciones más efectivas, no solo como paso físico de comunicación, sino como iconos arquitectónicos que integran recursos renovable e interesantes técnicas constructivas; estos son los puentes en guadua⁴.

La guadua es un tipo de planta que presenta como características físicas su forma de tubo ligeramente cónico, su diámetro exterior puede variar entre 3,0 – 25,0 cm y unas cualidades físicas y mecánicas que lo han llevado a ser llamado “acero vegetal”; Tienen diferentes especies: Amplexifolia, Angustifolia, Glomerata, Paraguayensis, Sacrocarpa, tessmanii, Trinii y Weberbaueri⁵.

Existen casos de puentes en el continente americano que tienen como registros el uso de guadua como materiales estructurales en las culturas indígenas Inca, en Perú y Paeces, en Colombia; pero debido a la aparición de los nuevos materiales como el concreto o el acero, la utilización de la guadua decayó en su utilización de las obras y se delimito a utilizarse en acabados arquitectónicos, artesanías, objetos decorativos y mobiliario⁶.

Colombia ha sido pionero en utilizar como material de construcción de puentes la guadua, debido a la realización de trabajos arquitectónicos, ingenieros, academia y centros de investigación forestal y maderera. Existe muy poca información con respecto a las estructuras que se han construido puesto que el método y el material de construcción esta naciente, pero uno de las construcciones más relevantes que se pueden destacar en el territorio colombiano es el Puente Jenny Garzón,

² REDACCION M&M. Puentes en Guadua: Pasos sobre Material Constructivo Eficiente. En: Revista M&M. Edición no 72. p. 46.

³ Ibid., p. 46.

⁴ Ibid., p. 46.

⁵ Ibid. p. 47.

⁶ Ibid. p. 47.

construido en Bogotá para uso peatonal con 3.000 guaduas y un peso de 130 Ton, ubicado en la carrera 119 con calle 80⁷. Como lo expresa la revista M&M “La obra, que fue diseñada por Simón Vélez y Marcelo Villegas, quien se encargó del montaje estructural, consiste en un viaducto de 45 metros de longitud y 3.0 de ancho, que resisten 36 toneladas y cuyo techo, elaborado en bambú y materiales sintéticos, garantiza una vida útil de 200 años para la estructura”⁸.

Lo que sí podemos decir es que en Latino américa hay construcciones con más de 300 años y en Colombia, en especial en el Eje Cafetero, hay construcciones con más de 150 años de antigüedad realizadas inicialmente con guadua y con algunas transformaciones que, familias prominentes, arrieras y creativas, han llevado a que hoy sea El Paisaje Cultural Cafetero de Colombia (PCC) declarado por la UNESCO. Teniendo estas estructuras como una carta abierta en estructuras podemos decir que una casa en guadua, bien diseñada, bien procesado el material y con una mano de obra calificada, podemos decir que la garantía de estas casas deben ser para toda la vida⁹.

5. Localización del proyecto

El proyecto se encuentra localizado en zona rural del municipio de la vega Cundinamarca en la vereda el laurel. Dentro de la doble calzada Bogotá- Villeta en la abscisa km 48+500

⁷ Ibid. p. 50.

⁸ REDACCION M&M. Puentes en Guadua: Pasos sobre Material Constructivo Eficiente. En: Revista M&M. Edición no 72. p. 50.

⁹ Ibíd., p. 52.

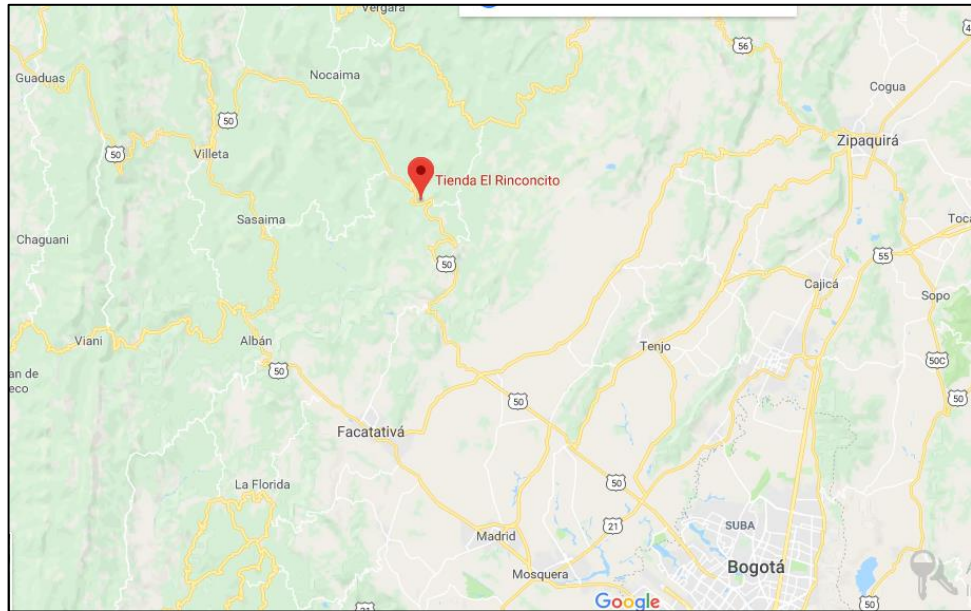


Ilustración 1: Ubicación Del Proyecto A Nivel Departamental FUENTE: GOOGLE MAPS

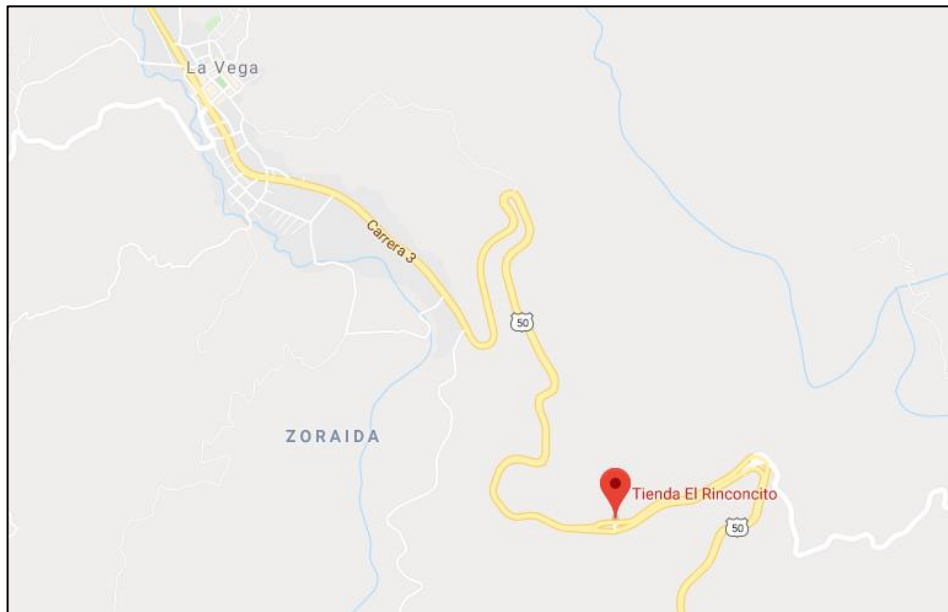


Ilustración 2: Ubicación Del Proyecto A Nivel Municipal FUENTE: GOOGLE MAPS



Ilustración 3: fotografía aérea de la ubicación del proyecto FUENTE: Concesión sabana de occidente SAS.

6. Fases a desarrollar

La elaboración de este proyecto, con la totalidad de sus objetivos propuestos; se va a realizar en una única fase el cual comprende seis (meses) con dos entregas trimensuales.

7. Levantamiento topográfico del sector

Se lleva a cabo para determinar la posición relativa entre varios puntos sobre el plano horizontal en el terreno, es decir mediante planimetría. Para así poder determinar la altura entre varios puntos del plano horizontal.

Se realiza con el fin de saber las condiciones den terreno y replanteo del mismo.

7.1. Metodología

El levantamiento planimétrico y altimétrico de la zona de estudio se ha realizado en un área aproximada de 22863m² que comprende por el oriente a la vía que comunica al municipio san francisco Cundinamarca, por el sur la doble calzada Villeta- el rosal ruta nacional 50, por el occidente hacia la vereda san juan jurisdicción de la vega Cundinamarca y por el norte con la vía que llega hacia la vega.

Este levantamiento topográfico se amarró a las coordenadas del sistema de la Red Geodésica del Área departamental de tercer orden -CT -IGAC y los niveles a los cambios existentes de la construcción de la doble calzada, para esto se realizó un poligonal de amarre que tuvo como puntos de inicio los puntos GPS-C-T--32, 25402009.

Ubicados estos puntos se realizó una poligonal cerrada y puntos auxiliares los cuales nos servirán para ir localizando vías, paramentos, cajas, pozos, postes, árboles, andenes cercas, hidrantes, sumideros, válvulas de servicios públicos, separadores, etc. La poligonal se inició armados en GPS-C-T- 32 localizado en el sitio tienda el rincocito, tomando línea al 25402009. Localizado en la los alrededores de la doble calzada, con el equipo armado en D10 se tomó Línea en el D400 que pertenece a la poligonal del levantamiento y armados en D400 se leyó el ángulo y la distancia al D1 de esta misma poligonal para de esta dar por terminado el amarre.

Posteriormente se dio inicio a una poligonal cerrada armando en el D1 y tomamos línea en el D400 y así se realizaron las primera radiaciones de los paramentos, vías, andenes, jardineras, postes, pozos, válvulas de acueducto y demás detalles para la elaboración del plano; se continuo colocando los deltas restantes de la poligonal con sus punto auxiliares y se tomaron los detalles como en la primera armada y también se fue realizando una nube de puntos en la zona que no está construida para generar curvas de nivel cada 0.50 ms, en el recorrido se detalló la cerca que limita el área del predio.

En resumen la base de datos topográficos tomados con la estación y almacenados en la cartera electrónica fue de 1120 puntos, incluyendo coordenadas y elevaciones, a lo largo y ancho de predio. Finalmente este trabajo de campo fue procesado y ajustado con el fin de ser plasmado el plano.

7.2. Equipo utilizado

El levantamiento topográfico se realizó teniendo como base el siguiente equipo: Estación total Topcon 245NW Es un equipo electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica que consiste en la incorporación de un distanció metro y un microprocesador a un teodolito electrónico.

Tiene la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo

de azimuts y distancias. La figura 2 muestra la estación total utilizada en el levantamiento.



Ilustración 4: equipo topográfico TOPCON 245NW, FUENTE: FABRICANTE

7.3. Datos utilizados para el amarre

Tabla 1: Datos utilizados para el amarre

Punto	Coordenadas		Altura	Descripción
	Norte	Este		
GPS-C-T-32	1041659.1	976558.963	1274.00	Colegio "Ricardo Inestrosa"
25402014	1041722.4	976033.157	1314.20	intercomunicador Bogotá-Villeta km 52+900
25402013	1041784.9	974545.899	1359.80	intercomunicador Bogotá-Villeta km 52+000
25402011	1041804.5	973967.396	1485.27	intercomunicador Bogotá-Villeta km 49+850
25402009	1041856.59	973244.315	1649.98	intercomunicador Bogotá-Villeta km 47+600

DESCRIPCIÓN DE PUNTO MATERIALIZADO DE CONTROL HORIZONTAL			FECHA (DD/MM/AAAA)
DIVISIÓN DE GEODESIA			29/11/2004
Departamento CUNDINAMARCA	Municipio LA VEGA	Vereda o barrio COLEGIO "RICARDO HINESTROZA DAZA"	Finca o dirección ESTADIO MUNICIPAL "DIANA TURBAY Q."
Nomenclatura estandarizada GPS-C-T-32		Nombre del punto (Estampado en placa) GPS-C-T-32	
Distancias y direcciones a la señal de Azimut y objetos sobresalientes que pueden observarse desde el vértice			
OBJETO	AZIMUT MAGNÉTICO	DISTANCIA EN METROS	DIRECCIONES
1 PLACA MONUMENTO	270	1.05	
2 CENTRO ARCO CANCHA DE FUTBOL	230	25.43	
3 CENTRO ENTRADA PRINCIPAL	50	10.05	
4 CONSTRUCCIÓN CAMERINOS	315	36.53	
5 GPS-C-T-31	9	769.82	
Acceso (Croquis general)			
Partiendo del parque principal del casco urbano del municipio de La Vega, se toma la vía que conduce a Bogotá y se recorren 1100 m por ella para encontrar al costado derecho de la vía el acceso principal del estadio municipal "Diana Turbay Quintana", en donde se localiza el punto.			
Descripción (Croquis detallado)		CROQUIS DETALLADO	
El vértice se encuentra ubicado cerca al monumento, al costado norte de la cancha de fútbol.			
Determinación		Monumentación	
<input checked="" type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> CONVENCIONAL	<input type="checkbox"/> Incrustación <input type="checkbox"/> Pilastra <input type="checkbox"/> Otro	<input checked="" type="checkbox"/> Mojón <input type="checkbox"/> De concreto 30 x 30 cm. de lado <input type="checkbox"/> Sobresale 20 cms.	
Nota: En la fecha _____ se encontró el vértice destruido _____ movido _____		Coordenadas MAGNA-SIRGAS (WGS84) aproximadas: φ= 04°59'29"N λ= 74°19'52"W h= 1274 m.	
Nombre _____ Firma _____		Describió HUMBERTO BEDOYA	
Elaboración, Organización y Revisión		Materializó <input checked="" type="checkbox"/> Actualizó <input type="checkbox"/> Hoja No. 51	

Ilustración 5: Descripción de punto materializado municipio de La Vega, Cundinamarca FUENTE: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC)

7.4. Datos procesados de la cartera electrónica

Los datos de esta cartera se pueden ver en detalle en la sección de anexos al final del documento el cual lleva por nombre Anexo 1. Cartera topográfica

8. Dimensionamiento arquitectónico

Se realiza una vez hecho el levantamiento topográfico y el replanteo del terreno ya que lo que se busca es encontrar las dimensiones orientativas de la estructura del puente para poder iniciar con el diseño. Todo esto con ayuda de un profesional en arquitectura y diseñador.

8.1. Parámetros arquitectónicos para el diseño de puentes peatonales en vías 4g en sectores rurales

En la fase de diseño de puentes peatonales se establecen los siguientes parámetros:

- Se diseña de tal manera que, la población con discapacidad no tenga complicaciones durante el uso de la estructura y sus accesos
- Se diseña de acuerdo a la norma técnica colombiana NTC- 4774 y la ley 361 de 1997 y aquellas que la modifiquen y la complementen.
- En el diseño de este puente peatonal se contempla la obra vecina. La vía Bogotá – Villeta la cual está totalmente terminada y se deben respetar los espacios que ella tiene de reducción de velocidad y viceversa.

8.1.1. Gálibo

Se diseña la superestructura del puente peatonal, con un galibo mínimo de 5m + 0.50 m para garantizar el galibo mínimo. Durante eventos tales como mantenimiento y reparaciones en la vía la cual atraviesa la estructura.

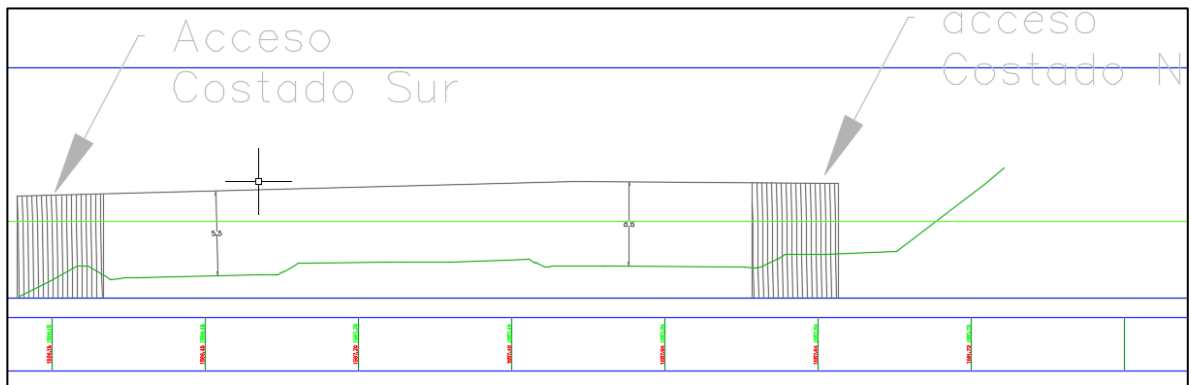


Ilustración 6 : Galibo implementado

No existen edificaciones a menos de 5 metros a la redonda de la implementación del puente

8.1.2. Ancho de tablero

Para este diseño se hace un diseño en parábola donde en la parte de ingreso al puente el ancho del tablero es de 3 m, y en su punto medio es de dos metros



Ilustración 7: Render de la superestructura enfatizando el detalle del ancho de tablero

8.1.3. Pendiente de tablero

La pendiente del tablero alcanza un 10% en su punto más alto, se implementa esta pendiente. Para que el diseño en arco del puente sea más resistente. Aunque su pendiente de ascenso este en un punto máximo.

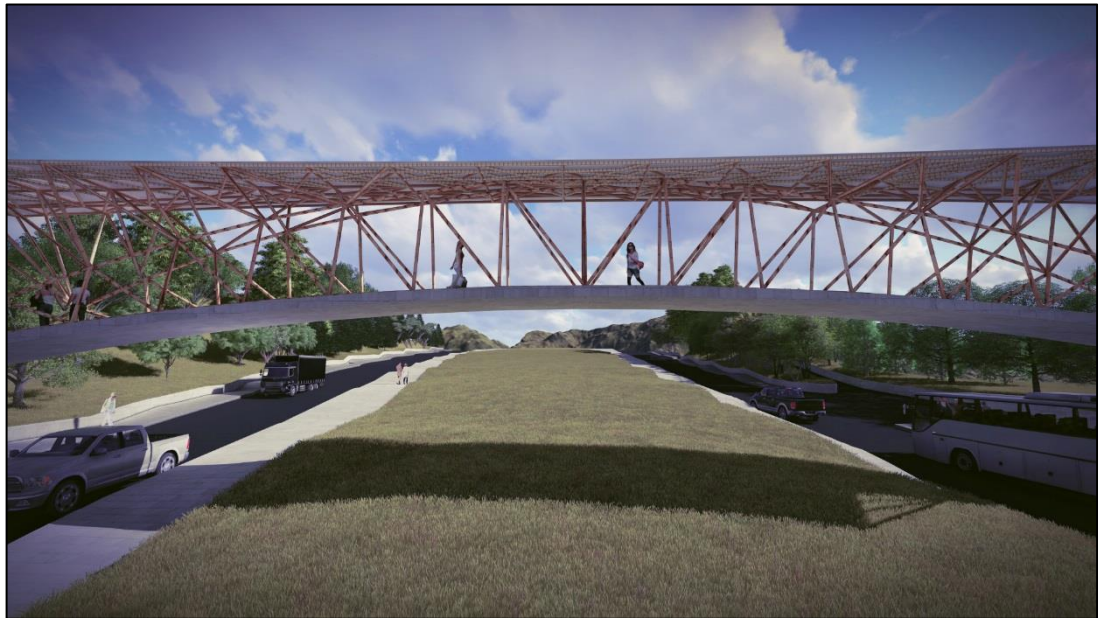


Ilustración 8: Render arquitectónico de detalle del tablero y la pendiente

8.1.4. Cubierta

Para esta estructura de guadua en la parte superior, es necesaria una protección contra la lluvia. Principal agente de deterioro del material para esto se considera una cubierta con estructura en guadua y membrana de tela industrial para esta estructura.



Ilustración 9: render de detalle de cubierta del puente



Ilustración 10: Render de detalle de cubierta

9. Elaboración de modelo alámbrico

El modelo alámbrico del puente es una representación del esqueleto o de todas sus vistas en tercera dimensión (3D) a escala real mediante curvas y líneas y curvas.

Los modelos alámbricos constan únicamente de puntos, líneas y curvas que describen las aristas. Del objeto dado que los objetos que conforman un modelo alámbrico deben dibujarse y ubicarse de forma independiente, es muy probable que la creación de este tipo de modelos requiera un tiempo superior al de otros modelos.

Utilizando este tipo de modelos se puede:

- Analizar relaciones espaciales incluida la distancia más corta entre esquinas y lados y comprobar las posibles interferencias
- Generar automáticamente vistas auxiliares
- Ver el modelo desde cualquier punto de vista
- Generar fácilmente vistas descompuestas

El modelo alámbrico de este proyecto se realizó en AutoCAD, para posteriormente ser llevado al programa SAP-2000.

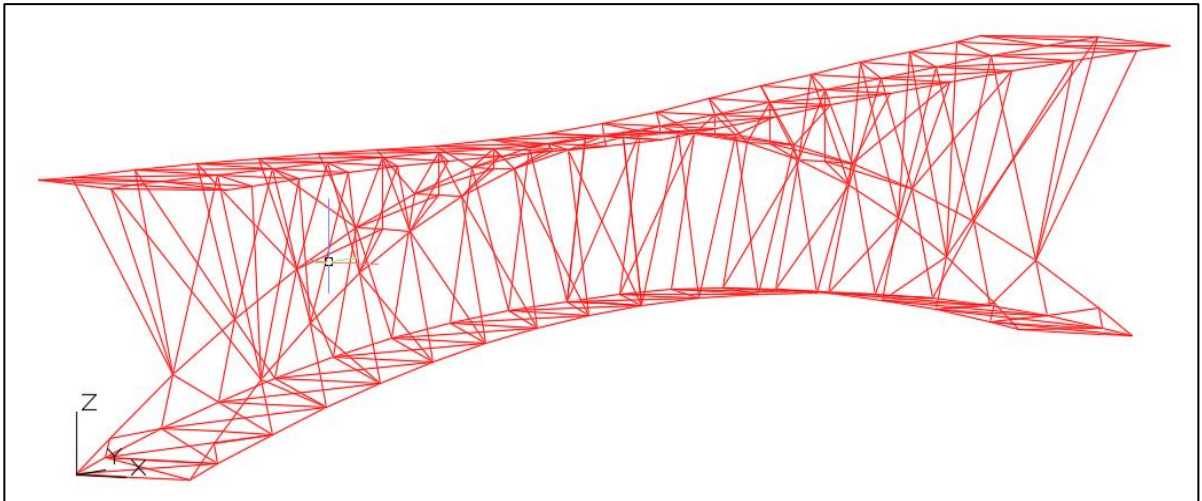


Ilustración 11: Modelo alámbrico en vista lateral

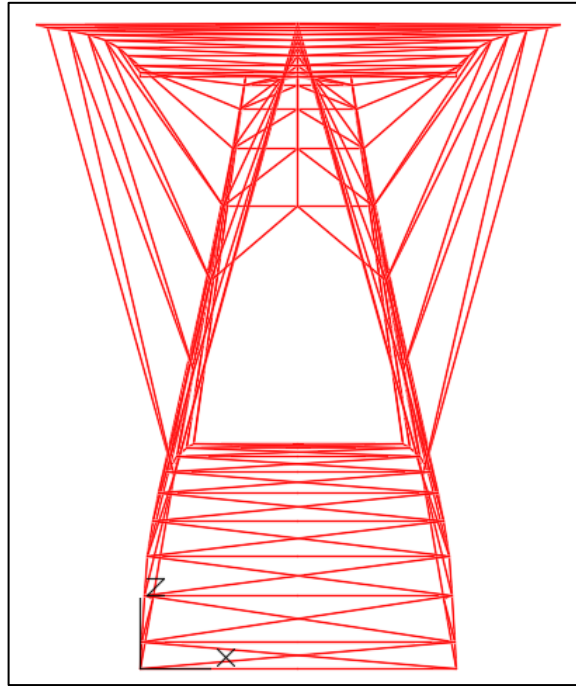


Ilustración 12: modelo alámbrico, detalle de placa inferior y estructura de cubierta

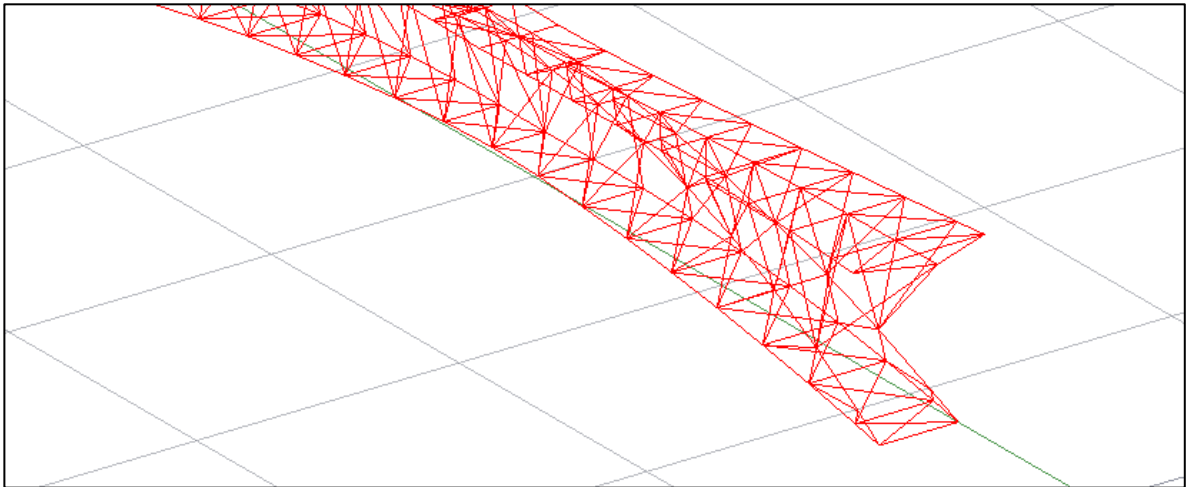


Ilustración 13: Modelo alámbrico detalle de arcos y cubierta.

10. Desarrollo del análisis estructural en programa SAP-2000

El prediseño de los elementos se desarrolló utilizando los siguientes códigos de diseño:

- Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente. NSR – 10. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Ley 400 de 1997. Capitulo G.12, Titulo B, Titulo C.
- Building Code Requirements for Reinforced Concrete Design. ACI – 318. American Concrete Institute.
- Guía de Puentes de Colombia 2014 AIS.
- Guía de especificaciones para el diseño de puentes peatonales publicado Por la Asociación Americana de Carreteras de Estado y Funcionarios del Transporte Guía de puentes de Colombia,
- Guía de puentes de la AASHTO,1997
- Technical guide Footbridges, Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading, publicado por Service d'Études techniques des routes at autoroutes SETRA, 2006.

10.1. Materiales

Se empleó la siguiente nomenclatura para materiales::

- D_e = diámetro exterior de la guadua
- $f_{0.05i}$ = esfuerzo del percentil 5 en la sollicitación i
- f_{ki} = valor característico en la sollicitación i
- t = espesor de la pared de la guadua

10.2. Materiales estructurales

El material estructural componente del puente serán formados en guadua se toman las propiedades recomendadas en el Reglamento NSR-10.

Módulo promedio $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}
9.500	7.500	4.000

Ilustración 14: Módulos de elasticidad E_i . Tomada de NSR-10 Título G.12.

10.3. Descripción de la Estructura

Puente en arco de uso peatonal particular, de paso inferior construido en Guadua, con uniones empernadas y canutos rellenos en mortero 1:3. Su configuración geométrica corresponde a tipo pratt.

El tablero es en latas de guadua con recubrimiento en retal de caucho, este está apoyado sobre vigas transversales en guadua, que a su vez están atornilladas a la parte inferior de los parales.

La cubierta está construida en guadua a dos aguas, bajo el cual se encuentran los arrostramientos diagonales en X, y transversales, también en guadua.

10.4. Análisis Estructural

Para el análisis de la estructura se utilizó el programa de computador SAP 2000 V20, utilizando un modelo tridimensional en el cual se involucran los diferentes tipos de elementos, materiales y propiedades estructurales. El programa está basado en el método de las rigideces para la solución del modelo estructural.

Para el análisis de la carga muerta el programa automáticamente genera los diferentes pesos de la estructura, al ser habilitado el multiplicador de peso propio.

Sin embargo, para este trabajo se determinaron los pesos de la guadua por evaluación de pesos por considerarse con mayor exactitud.

10.5. Verificación De Esfuerzos

Se efectúa la revisión de esfuerzos de los elementos estructurales mediante el uso del post-procesador de diseño del Sap2000

10.6. Características Del Análisis Estructural

La estructura del puente se analizó para cargas gravitacionales, fuerzas horizontales de viento y fuerzas horizontales de sismo, se diseñaron los elementos por el método de esfuerzos admisibles. En la Tabla 2 se muestra un resumen de las características de análisis y diseño utilizados.

PARÁMETRO	VALOR
Espectro de diseño	Elástico
Método de análisis sísmico	Modal espectral
Modelo matemático	Matricial espacial
Método de diseño	Esfuerzos Admisibles
Programas utilizados (solo para el análisis)	SAP2000
Material - estructura	Guadua angustifolia

Tabla 2: Características del análisis y diseño estructural

10.7. Análisis de cargas

10.7.1. Evaluación de cargas en el tablero

10.7.2. Carga muerta (SCP)

La sobrecarga permanente (SCP) es el peso de los elementos que no hacen parte del peso propio de la estructura, pero son permanentes durante su vida útil.

- Luz del puente: 42.60m
- Ancho de tablero medio: $(3.0+1.0)m/2=2.0m$
- Ancho aferente: 2.51m
- Peso de guadua/m: 3.0 kg/m
- Cordón superior 4 guaduas: 12.0 Kg/m
- Cordón inferior 8 guaduas/cordón en promedio: 24.0 Kg/m
- Otros elementos 1gadua: 3.0 Kg/m
- Peso de tableta de caucho: 20 Kg/m²
- Soporte de loseta de caucho en latas de guadua vertical: 25Kg/m²
- Peso de placas planas de asbesto –cemento e=1.0cm: 15kg/m²
- Peso de baranda: 10kg/m (aplicado cordón superior externos)
- Peso por mortero en nodos: $(0.3m*.0038m^2*2200Kg/m^3) =2.55Kg$
- Peso de cubierta tipo tenso estructura:4kg/m²

Este peso se distribuye por m en cada guadua, 2.55kg es el peso de cada nodo, se multiplica por dos por lo que son dos extremos $2.55*2=5.1kg$, se toma una longitud promedio de guadua de 2.5m, $5.1kg/2.5m=2.04kg/m$.

10.7.2.1. Carga Muerta Cordones Superiores (Arco Superior)

Cordón superior 4 guaduas: 12.0 Kg/m

Peso por mortero 2.55kg es el peso de cada nodo/2.56m (longitud de cada segmento cordón superior)= $2.55kg/2.56m=1.0kg/m$

10.7.2.2. Carga Muerta Cordones Inferior (Arco Inferior)

Tableta de caucho: $1.0m*20kg/m^2=$	28.8kg/m
Latas de guadua: $2.0m*25kg/m^2=$	50kg/m
Cordón inferior 8 guaduas:	24Kg/m
Peso de baranda:	10kg/m
Peso de mortero=	2.04kg/m
Peso por lámina asbesto-cemento $15kg/m^2*2.0m=$	30.0kg/m
Total, carga muerta=	144.84kg/m

10.7.3. Carga permanente debido al peso de los elementos guadua, tablero de piso y membrana en cubierta

Longitud elementos guaduas: 1156m

Peso: $1156 \times 3.0 \text{kg/m} = 3468 \text{kg}$

Longitud de tablero: 43m

Peso: $25 \text{kg/m}^2 \times 43 \text{m} \times 1.80 \text{m} = 1935 \text{kg}$

Peso por membrana: $4 \text{kg/m}^2 \times 42 \text{m} \times 3.68 \text{m} = 618 \text{kg}$

Total peso permanente: 6021kg

Fuerza sísmica:

$V_s = SDS = 1.3 \times 0.6 = 0.78$

$V_s = 0.78 \times 6021 \text{kg} = 4696 \text{kg}$

10.7.4. Carga viva

La carga viva (CV) la constituyen las fuerzas producidas por el uso y ocupación de la estructura especificadas para el proyecto como:

CV = 4.50 kN/m² (sobre los elementos estructurales de piso)

Carga viva= 450kg/m²

Ancho aferente medio= (3+2)m/2 2.5m

Carga viva= $450 \text{kg/m}^2 \times 2.5 \text{m} = 562.5 \text{k/m}$

10.7.4.1. Carga viento (W)

Se tomó una presión de 171kg/m² incidiendo sobre el área vertical comprendida entre el cordón superior e inferior. Además, se aplicará presión del viento vertical por levantamiento de 0.020 ksf (0.96kN/m²) [1]

Una carga de viento de la intensidad siguiente se aplicará horizontalmente, en ángulo recto con el eje longitudinal de la estructura. La carga del viento se aplica en

el área vertical proyectada de todos los elementos de la superestructura, incluyendo miembros de la armadura expuestas en el entramado de sotavento.

Para armaduras y arcos: 75 libras por pie cuadrado (Psf) ó 366,18 (Kgf/m²)

Para vigas y viguetas: 50 libras por pie cuadrado (Psf) ó 244,12 (Kgf/m²)

Para puentes armadura abierta, donde el viento puede pasar fácilmente a través de los elementos. Los puentes se pueden diseñar para una carga horizontal mínima de 35 libras por pie cuadrado ó 170,88 (Kgf/m²) en el área vertical total proyectada del puente, como si fuese encerrado [1].

Se tomó 1.71kN/m², según al siguiente esquema se tiene:

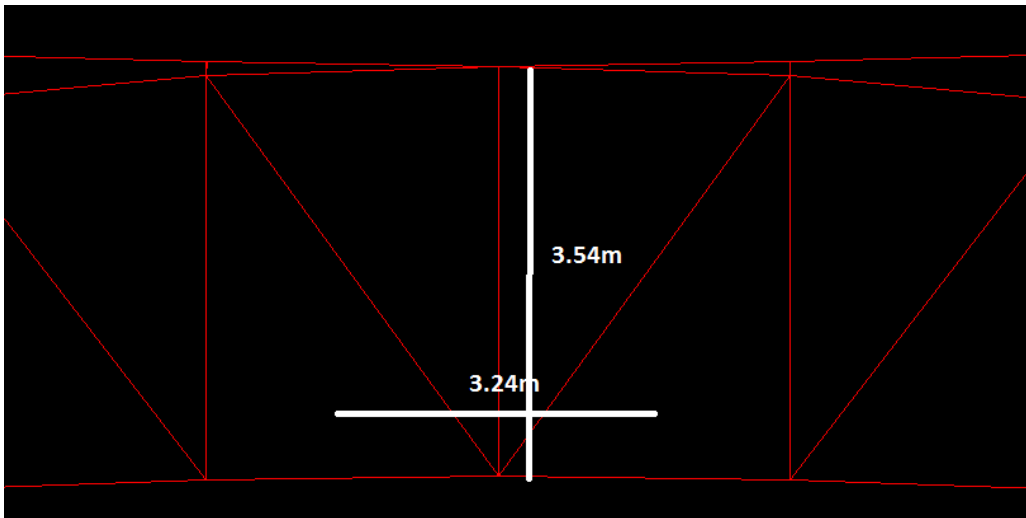


Ilustración 15: dimensiones en centro de luz

Para un área de $3.24\text{m} \times 3.54\text{m} = 11.47\text{m}^2$

Fuerza que ejerce la presión del viento: $1.71\text{kN/m}^2 \times 11.47\text{m}^2 = 19.6\text{kN}$, fuerza que se aplicará en el paral, diagonales y en el cordón superior e inferior a:

Longitud de cordón superior e inferior+long. De paral+Long. Diagonales= $3.24 \times 2 + 3.54 + 4.26 = 14.28\text{m}$

Fuerza por/m en barlovento= $19.6\text{kN} / 14.28\text{m} = 1.37\text{kN/m}$ aplicada a los cordones superior e inferior, diagonales y paraleles

En el plano de sotavento se toma un factor de resguardo de 0.5 por lo cual esta carga se reduce a la mitad (0.685 kN/m).

10.7.5. Presión De Viento Horizontal Perpendicular A La Longitud Del Puente

Fuerza por/m en barlovento= $19.6\text{kN}/14.28\text{m}=1.37\text{kN/m}$ se considera alto

Se tomó la proyección del diámetro de la guadua de 12cm de diámetro.

$171\text{kg/m}^2 \cdot 12\text{m}=20.52\text{kg/m}$

10.7.6. Presión De Viento Perpendicular A La Cubierta Ascendente Y Descendente

0.96kN/m²) (Barlovento) referencia

0.48kN/m²) (Sotavento)

10.7.7. Carga Muerta Cordón Superior Interno De Cubierta

Ancho aferente medio= 1.72m

Peso cubierta tenso estructura: $1.72\text{m} \cdot 4\text{kg/m}^2=6.88\text{kg/m}$

Peso por cordón 1 guadua: 3Kg/m

Peso de mortero= 2.04kg/m

Total, carga muerta 11.92 aproximada 12kg/m

Carga viva= No se considero

10.7.8. Carga Muerta Cordones Superior Externos De Cubierta

Ancho aferente medio= 0.86m

Total, carga muerta 6kg/m

Carga viva= No se considero

10.7.9. Carga Viva De Barandas

De acuerdo con B.4.2.2. NSR 10 la carga viva de diseño para barandas peatonales debe ser de 100kgf/m o 74.4 kgf/m actuando simultáneamente en dirección horizontal y vertical, se aplicará 100kgf/m equivalente 1.00kN/m

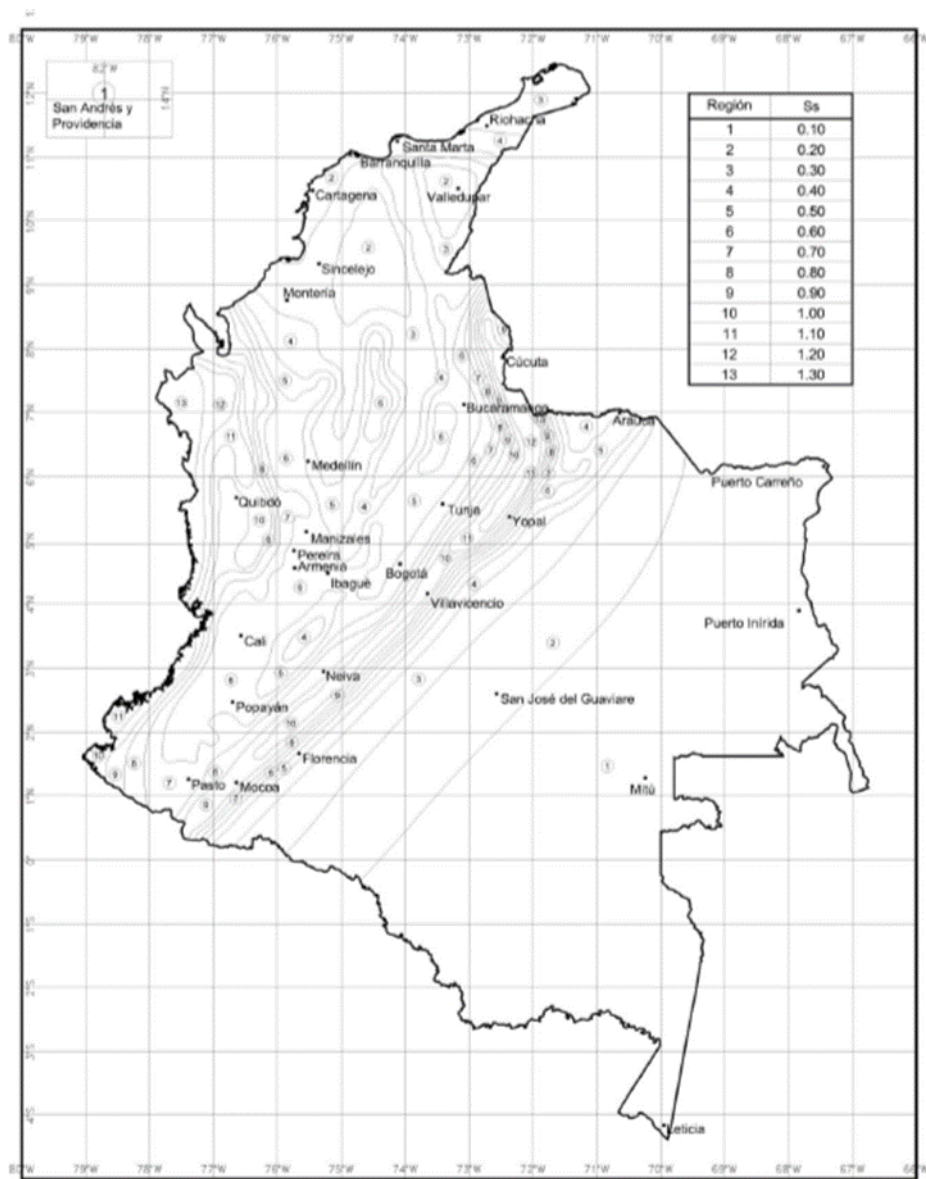
La aplicación de la carga simultánea horizontal y vertical aplicará para el cordón superior de la cercha que sirve como pasamanos.

10.7.10. Vehículo de Carga

Los Puentes para Peatones/Bicicletas deben ser diseñados para una sola carga ocasional del vehículo de mantenimiento, siempre y cuando el acceso de vehículos no esté físicamente impedido. Para este caso no se empleará vehículo de mantenimiento.

10.8. Cargas Sísmicas

La ubicación del puente se encuentra en la zona rural del municipio de San francisco Cundinamarca.



MAPA DE VALORES Ss

Ilustración 16: mapa de valores Ss. Fuente: código colombiano de puentes CCP-14

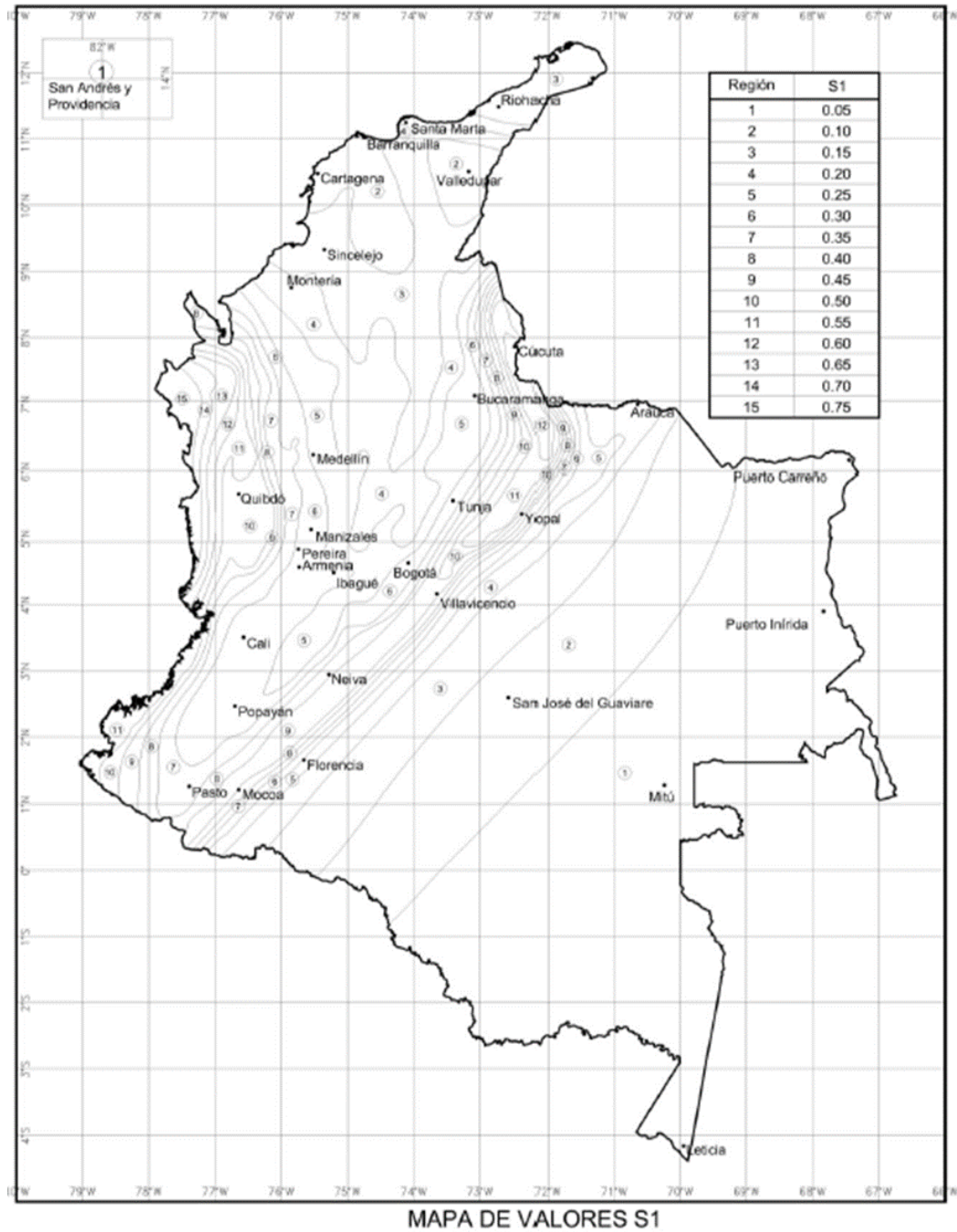


Ilustración 17: mapa de valores S1. Fuente: código colombiano de puentes CCP-14

De conformidad al estudio de suelo el perfil del suelo es D.

Ss: Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 0.2 segundos (S_s) para 5% del amortiguamiento crítico y con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de período promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g)=0.60 (Región 6)

PGA: Aceleración Pico Horizontal del Terreno (PGA) con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de período promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g).=0.25 (Región 5)

S1: Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 1.0 segundos (1 S) para 5% del amortiguamiento crítico y con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de período promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g)=0.30 (Región 6)

Tabla 3.10.3.2-2 — Valores del factor de Sitio, F_a , en el intervalo de períodos de vibración cortos del Espectro de Aceleraciones

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 0.2s (Véase la Nota 1)				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de S_s
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Tabla 3: Valores del Factor sitio F_a en el intervalo de períodos de vibración cortos del espectro de aceleraciones. Fuente. Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14

Para tipo de perfil de suelo D y $S_s=0.60$

$F_a=1.32$

Tabla 3.10.3.2-1 — Valores del factor de Sitio, F_{pga} , en el período de vibración cero del Espectro de Aceleraciones

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos (Véase la Nota 1)				
	$PGA \leq 0.1$	$PGA = 0.2$	$PGA = 0.3$	$PGA = 0.4$	$PGA \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Tabla 4: Valores del factor sitio F_{pga} , en el periodo de vibración cero del espectro de aceleraciones. Fuente: Norma colombiana de diseño de puentes CCP-14

Para tipo de perfil de suelo D y $PGA=0.25$, $F_{pga}=1.3$

Tabla 3.10.3.2-3 — Valores del factor de Sitio, F_v , en el intervalo de períodos de vibración largos del Espectro de Aceleraciones

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para período de vibración de 1.0s (Véase la Nota 1)				
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 \geq 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2	véase nota 2

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de S_1
2. Para el perfil tipo F debe realizarse un estudio de sitio particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda.

Tabla 5: Valores del factor sitio F_v , en el intervalo de periodos de vibración largos del espectro de aceleraciones. Fuente: código colombiano de puentes CCP-14

$FV=1.8$

Para la evaluación sísmica de todos los elementos estructurales constitutivos se utilizó el espectro de diseño dado por el Código Colombiano de Puentes CCP-14

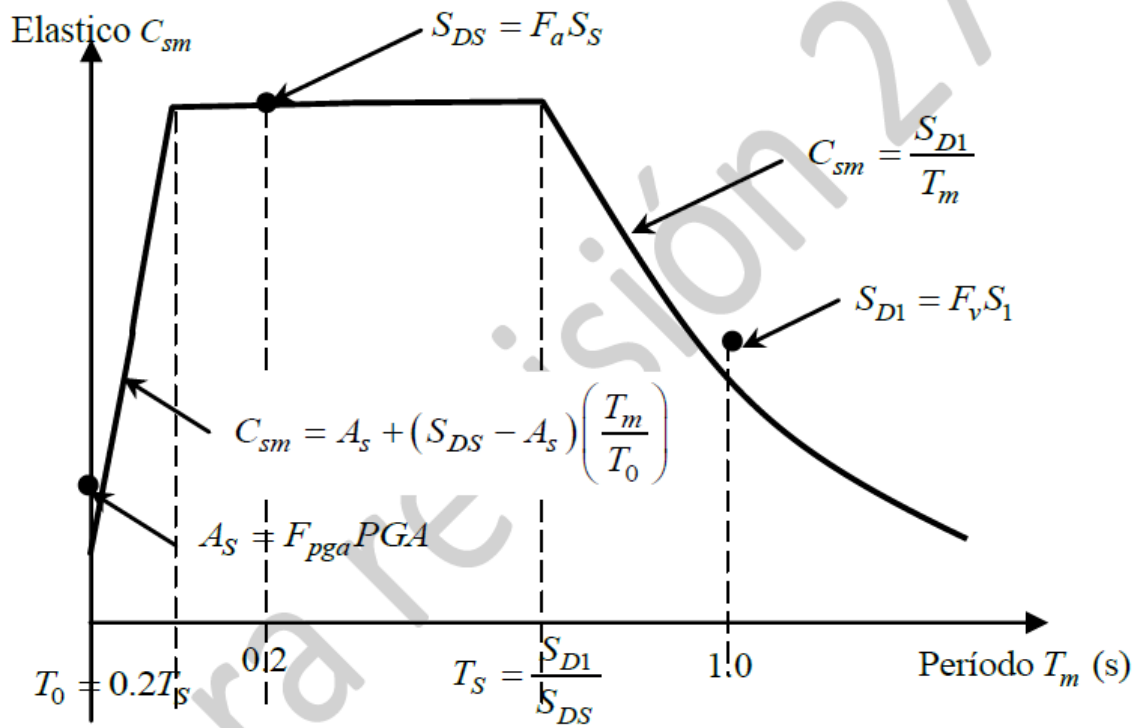


Ilustración 18: Espectro elástico de aceleraciones. Fuente. Código Colombiano de Puentes CCP-14

FV= 1.8	TS= 0.68	CSM	T (s)	0.2077	2.6
S1= 0.3	To= 0.14	0.3250	0	0.1929	2.8
SD1= 0.5		0.7920	0.14	0.1800	3
		0.7920	0.2	0.1688	3.2
Fa= 1.3	PGA= 0.25	0.7920	0.4	0.1588	3.4
SS= 0.6	Fpga= 1.3	0.7920	0.6	0.1500	3.6
SDS= 0.8	AS= 0.325	0.7920	0.68	0.1421	3.8
		0.6750	0.8	0.1350	4
		0.5400	1	0.1286	4.2
		0.4500	1.2	0.1227	4.4
		0.3857	1.4	0.1174	4.6
		0.3375	1.6	0.1125	4.8
		0.3000	1.8	0.1080	5
		0.2700	2		
		0.2455	2.2		
		0.2250	2.4		

Tabla 6: Datos del espectro de diseño. Fuente. Elaboración propia

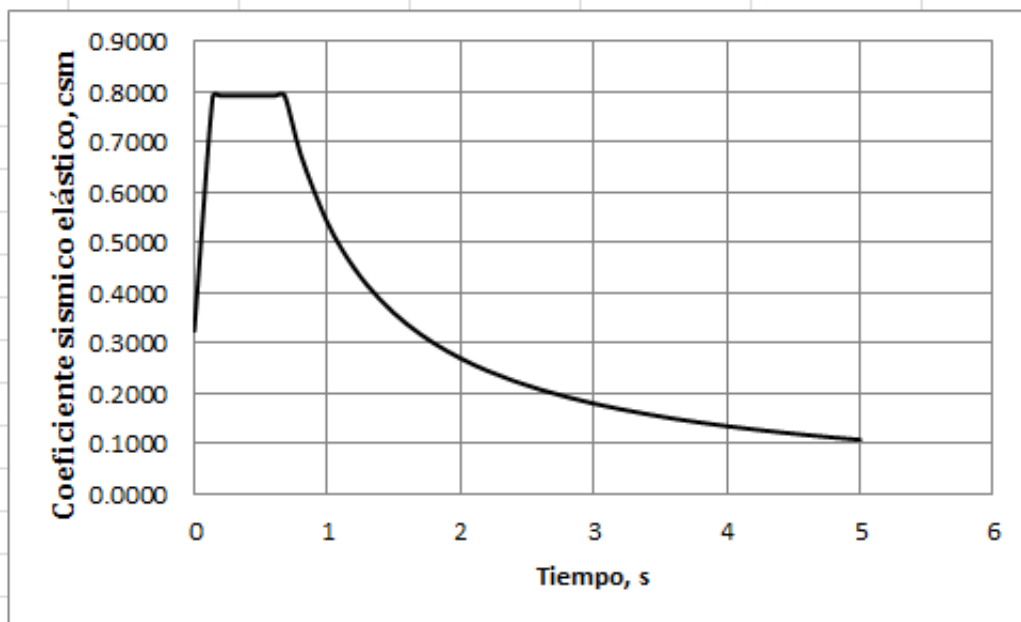


Ilustración 19: Espectro elástico de diseño. Fuente. Elaboración propia

Coeficiente de capacidad de disipación de energía (R) = 1.0 (Estructura Articulada)

Para la combinación ortogonal de fuerzas sísmicas se asume que los valores en el sentido ortogonal al eje principal (x o y) son iguales al 30%.

La masa será ingresada de acuerdo a la evaluación de cargas.

10.8.1. Casos De Carga

- CARGA MUERTA (CM)
- CARGA VIVA (CV1)
- CARGA VIVA (CV2)
- CARGA VIVA (CV3)
- CARGA VIVA (CV4) etc.
- CARGA DE VIENTO (WB) – viento barlovento
- CARGA DE VIENTO (WS) – viento sotavento
- EQx – sismo dirección Longitudinal
- EQy - sismo dirección transversal

CV1, CV2 , CV3 , CV4, etc., corresponden a la carga viva aplicada en cada una de las luces del puente por separado, con el objeto de considerar las diferentes posiciones de la carga viva en la luz del puente de manera que se produzcan los

mayores esfuerzos en los elementos del puente y considerando condiciones de carga excéntrica.

10.8.2. Análisis de Combinaciones de carga para carga viva

Se determina la envolvente de carga viva (CV) bajo las siguientes posibilidades de combinación.

PP- Peso propio de la estructura y soportes

Caso1 = CM Carga permanente debido al peso de la losa

Caso 2=CM + CV1(carga viva sobre toda la superficie del tablero)

Caso 3=CM + CV4(carga viva sobre la mitad de la superficie del tablero carga excéntrica anterior).

Caso 4=CM + CV5(carga viva sobre la mitad de la superficie del tablero carga excéntrica posterior).

Caso 5=CM + CV7(carga viva horizontal y vertical sobre las barandas del tablero,)

Caso 6= Presión del viento en barlovento y sotavento, horizontal perpendicular al eje del puente, longitudinal, ascendente y descendente.

10.8.3. Combinaciones De Carga según CCP14

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7: Combinaciones de carga. Fuente. Código Colombiano de Puentes CCP-14

10.8.3.1. Combinaciones de Carga de Resistencia Última (STRENGTH I, II, III, IV y V)

Contienen cargas permanentes y cargas transitorias de alta probabilidad de ocurrencia, con factores de mayoración, utilizadas en el diseño bajo el paradigma de cargas últimas resistentes como en los elementos de hormigón armado o de acero al carbono.

10.8.3.2. Denominación de cargas

- Cargas permanentes

- CR* = fuerzas debidas al flujo plástico
- DD* = fuerza de fricción negativa [downdrag]
- DC* = peso propio de los componentes estructurales y de los accesorios no estructurales
- DW* = peso propio carpeta de rodamiento y de las instalaciones
- EH* = empuje horizontal del suelo
- EL* = fuerzas misceláneas resultantes del proceso de construcción, incluyendo el izaje de voladizos en construcción por segmentos
- ES* = sobrecarga de suelo
- EV* = presión vertical del peso propio del suelo de relleno
- PS* = fuerzas secundarias debidas a pretensado
- SH* = fuerzas debidas a retracción

- Cargas transitorias

- BL* = carga de explosión
 - BR* = fuerza de frenado vehicular
 - CE* = fuerza centrífuga vehicular
 - CT* = fuerza de colisión vehicular
 - CV* = fuerza de colisión de embarcaciones
 - EQ* = carga sísmica
 - FR* = carga de fricción
 - IC* = carga de hielo
 - IM* = incremento de carga dinámica vehicular
 - LL* = carga viva vehicular
-
- LS* = sobrecarga de carga viva
 - PL* = carga viva peatonal
 - SE* = fuerzas debidas a asentamiento
 - TG* = fuerzas debidas a gradiente de temperatura
 - TU* = fuerza debida a temperatura uniforme
 - WA* = carga de agua y presión de la corriente
 - WL* = carga de viento sobre la carga viva
 - WS* = carga de viento sobre la estructura

10.8.3.3. Combinaciones de Carga de Eventos Extremos (EXTREME EVENT I y II):

Contienen cargas permanentes de alta probabilidad de ocurrencia y cargas ocasionales de muy baja probabilidad de ocurrencia (sismos severos, socavación extrema, etc.). Las cargas permanentes y ocasionales son afectadas por factores de mayoración, y las acciones extremas no son mayoradas.

10.8.3.4. Combinación de Carga de Fatiga y Fractura (FATIGUE)

Permite incluir el efecto dinámico de las cargas vivas de alta probabilidad de ocurrencia repetitiva. Fundamentalmente se utiliza en elementos de acero.

El factor que afecta a las cargas vivas como producto de los sismos γ_{EQ} se debe determinar en función de la carga viva más probable durante la ocurrencia del sismo de diseño. Generalmente se considera como una pequeña fracción de la carga viva ($\gamma_{EQ} * 0.15-0.25$), excepto en puentes ubicados en zonas urbanas de alta densidad en que la fracción es más alta ($\gamma_{EQ} * 0.25-0.50$).

A continuación se presenta una tabla que define el factor ϕ_P que afecta a las cargas gravitacionales en las combinaciones de carga.

- Servicio I — Combinación de carga relacionada con la operación normal de uso del puente con un viento de 90 km/h y con todas las cargas tomadas en sus valores nominales. También relacionada con control de deflexiones en estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles, y tubería termoplástica, para control de la anchura de fisura en estructuras de concreto reforzado, y para análisis transversal relacionado con tracción en vigas de concreto por segmentos. Esta combinación de carga también debe utilizarse para la investigación de la estabilidad de taludes.
- Servicio II — Combinación de carga para controlar fluencia de estructuras de acero y deslizamiento de conexiones a deslizamiento crítico debido a carga viva vehicular.
- Servicio III — Combinación de carga para análisis longitudinal relacionado con tracción en superestructuras de concreto pre esforzado con el objetivo de control de fisuras y de la tracción principal en las almas de vigas de concreto por segmentos.
- Servicio IV — Combinación de carga relacionada solamente con tracción en columnas de concreto pre esforzado con el objetivo de control de fisuras.

Tabla 3.4.1-2 — Factores para cargas permanentes, γ_p

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
<i>DC</i> :	Sólo Resistencia IV	1.25	0.90
<i>DC</i> :	Componentes y Accesorios	1.50	0.90
<i>DD</i> : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35
<i>DW</i> :	Superficie de rodadura e instalaciones	1.50	0.65
<i>EH</i> :	Presión horizontal de suelo		
	• Activa	1.50	0.90
	• En reposo	1.35	0.90
	• <i>AEP</i> para muros anclados	1.35	N/A
<i>EL</i> :	Tensiones residuales de Construcción	1.00	1.00
<i>EV</i> :	Presión vertical de suelo		
	• Estabilidad general	1.00	N/A
	• Muros de Contención y Estribos	1.35	1.00
	• Estructuras Rígidas Enterradas	1.30	0.90
	• Marcos Rígidos	1.35	0.90
	• Estructuras Flexibles Enterradas		
	○ Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugas Profundas	1.5	0.9
	○ Alcantarillas Termoplásticas	1.3	0.9
	○ Todas las demás	1.95	0.9
<i>ES</i> :	Sobrecarga de suelo	1.50	0.75

Tabla 8: Factores para carga permanente. Fuente. Código Colombiano de Puentes CCP-14

10.8.4. Combinaciones De Carga

Resistencia I: $1.25DC+1.75PL+1.2TU$

Resistencia II: $1.25DC+1.35PL+1.2TU$

Resistencia III: $1.25DC+1.4WS$

Resistencia IV: $1.5DC+1.2TU$

Resistencia V: $1.25DC+1.35PL+0.4WS+1.2TU$

Evento extremo I: $1.25DC+0.5PL+1.0EQ$

Fatiga II. $0.75PL$

DC: Carga muerta de los componentes y auxiliares

PL: Carga viva de peatones

TU: Temperatura uniforme

WS: Efecto del viento sobre la estructura

EQ: Efecto sísmico

10.8.5. Definición del nivel de comodidad.

La comodidad o el confort es muy subjetivo y particular, a un nivel de aceleración, esta se experimentará de manera diferente, dependiendo de la persona (edad, sexo o peso), a continuación se indica los diferentes tipos de comodidad o confort (5).

Máximo confort: Las aceleraciones que sufre la estructura son prácticamente imperceptibles para los usuarios.

2. Comodidad Media: Las aceleraciones sufridas por la estructura son simplemente perceptibles por los usuarios.

3. Comodidad Mínima: Las aceleraciones sufridas por la estructuras, son percibidos por los usuarios, pero no se convierten en intolerables.

10.8.5.1. Aceleración rangos asociados a niveles de confort

La Tabla 9 y la Tabla 10. Definen 4 rangos de valor 1, 2, 3 y 4, para las aceleraciones verticales y lateral respectivamente. En orden ascendente, los tres primeros rangos corresponden a los valores máximo, media y mínima de niveles de confort. El rango cuarto corresponde a niveles de aceleración incómoda que no son aceptables.

Rango de aceleraciones	0	0.5	1	2	.5
Rango 1	Max.				
Rango 2		Medio			
Rango 3			Mínimo		
Rango 4					

Tabla 9: Rango de aceleraciones (m/s²) para vibración vertical (Sétra, 2006)

Rango de aceleraciones	0	0 .1	0 .15	0 .3	0 .8
Rango 1	Max.				
Rango 2			Medio		
Rango 3				Mínimo	
Rango 4					

Tabla 10: Rango de aceleraciones (m/s²) para vibración horizontal (Sétra, 2006):

Se puede calcular la frecuencia y el riesgo de resonancia, hay cuatro rangos de frecuencia a tener en cuenta:

- Rango 1: riesgo máximo de resonancia.
- Rango 2: riesgo medio de resonancia.
- Rango 3: bajo riesgo de resonancia para las situaciones de carga estándar.
- Rango 4: riesgo insignificante de resonancia.

Rango de frecuencias	0	1	1.7	2.1	2.6	5
Rango 1						
Rango 2						
Rango 3						
Rango 4						

Tabla 11: Rango frecuencias (Hz) para vibración vertical y longitudinal (Sétra, 2006)

Rango de frecuencias	0	0.3	0.5	1.1	1.3	2.5
Rango 1						
Rango 2						
Rango 3						
Rango 4						

Tabla 12: Rango frecuencias (Hz) para vibración horizontal lateral (Sétra, 2006)

10.9. Análisis Dinámico De La Estructura

El análisis dinámico de la estructura se realizó utilizando el programa de computo elaborado por Computers and Structures, Inc. denominado SAP 2000 (Structural Analysis Program) versión 14.2.5. Es un programa desarrollado en la Universidad de Berkeley, California, EEUU. Con el programa se puede diseñar con diferentes reglamentos; ofrece análisis estático, análisis dinámico modal espectral para elementos y placas. También diseña elementos de acero y concreto, además efectúa análisis dinámico, tiempo historia y análisis de elementos planos de puentes y análisis dinámico tiempo historia no lineal (amortiguadores o disipadores, aisladores de base) y ofrece además análisis pushover 3-D estático. Como se puede apreciar sus propósitos son múltiples en lo que respecta al análisis y diseño de estructuras.

Con el programa mencionado, las armaduras se modelaron con elementos frame (barras), ver 'Figura Modelo tridimensional del proyecto definitivo del puente peatonal'.

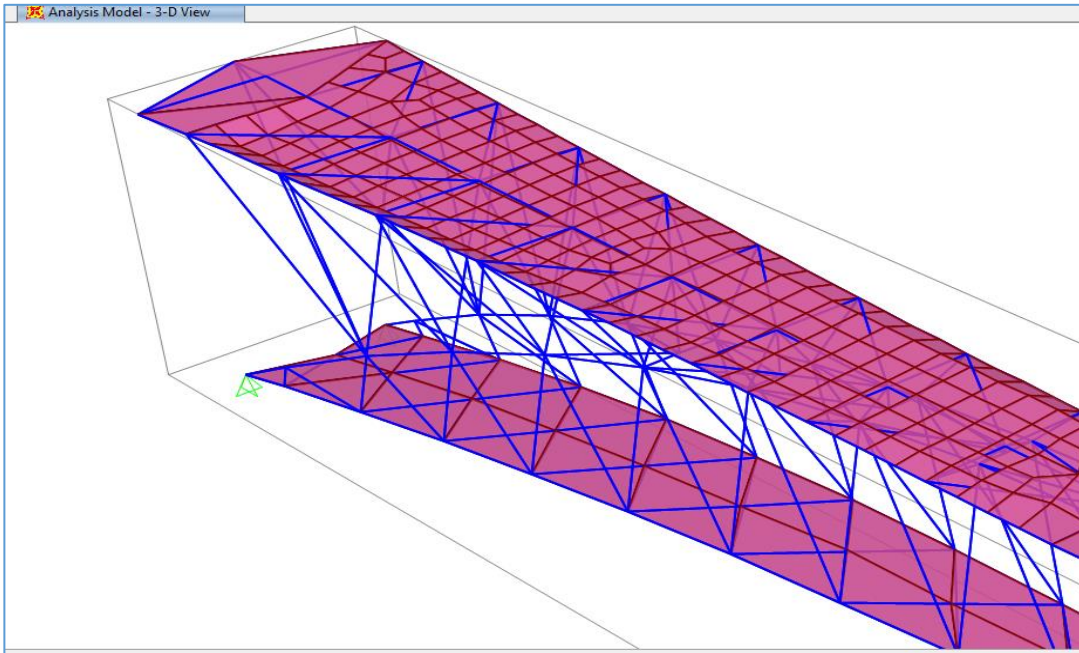


Ilustración 20: modelo del puente cargado a programa SAP-2000

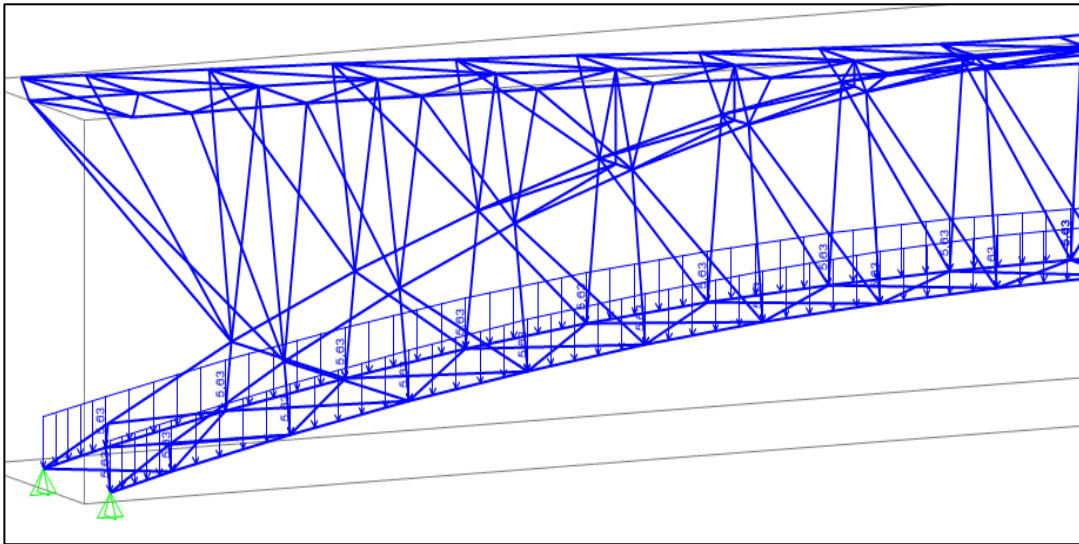


Ilustración 21: colocación de la carga (CVT) Carga viva en tablero al modelo en SAP2000

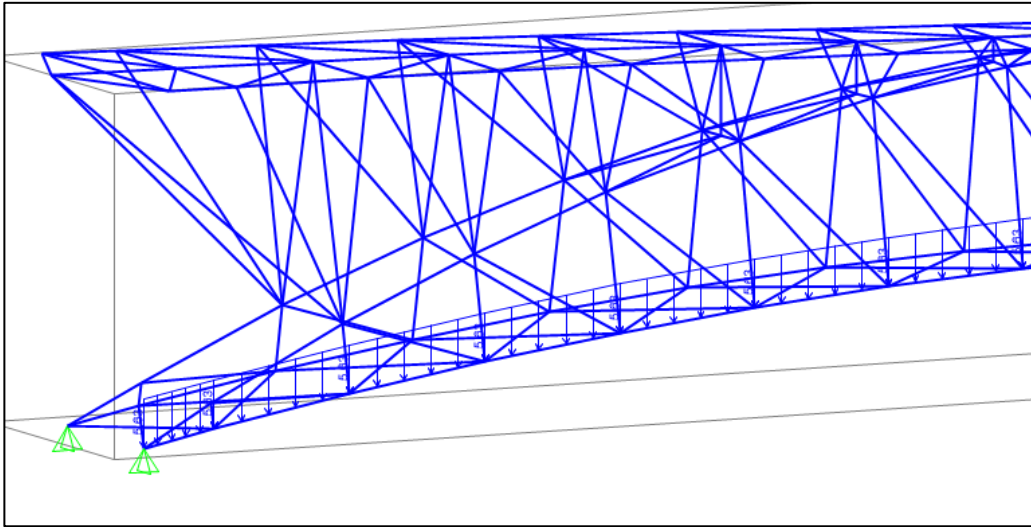


Ilustración 22: colocación de la carga (CVT_2_A) al modelo en SAP2000



Ilustración 23: colocación de la carga (CVT_2_P) al modelo en SAP2000

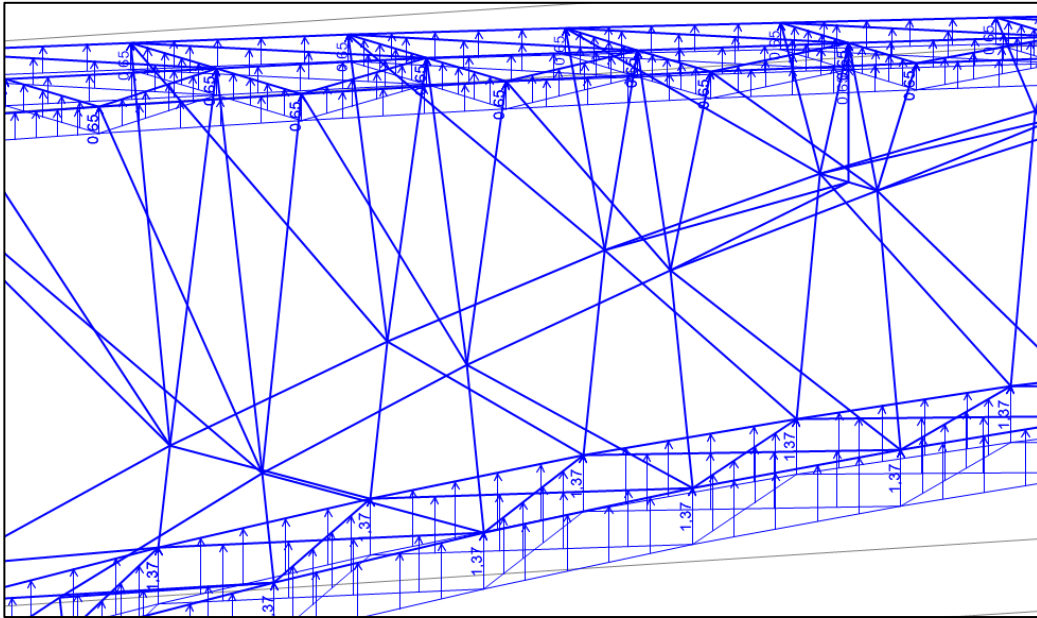


Ilustración 28: colocación de la carga (WS) al modelo en SAP2000

10.9.1. Deflexión

Los miembros deben estar diseñados de manera que la deflexión debido a la carga viva de servicio peatonal no sobrepase $L/500$ de la longitud del tramo. La deflexión de los brazos en voladizo (cantiléver) debido a la carga viva de servicio para peatones debe limitarse a $L/300$ del brazo voladizo (cantiléver). La deflexión

Horizontal debido a la carga de viento lateral no excederá de $L/500$ de la longitud del tramo.

11. Cálculo de elementos según el título G-12 del reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10

11.1. Diseño de elementos en guadua

Combinaciones de carga básicas: (según NSR10) Deben tenerse en cuenta y ser utilizados en aquellos casos especiales en los cuales el diseño se realiza por el método de los esfuerzos admisibles. Donde todos los elementos de la estructura

deberán estar diseñados, contruoidos y empalmados para resistir los esfuerzos provenientes de las combinaciones de carga de servicio presentadas en las ecuaciones siguientes:

Combinaciones de carga básicas: (según NSR10)

D + F	(B.2.3-1)
D + H + F + L + T	(B.2.3-2)
D + H + F + (L_r ó G ó L_e)	(B.2.3-3)
D + H + F + 0.75(L + T) + 0.75(L_r ó G ó L_e)	(B.2.3-4)
D + H + F + W	(B.2.3-5)
D + H + F + 0.7E	(B.2.3-6)
D + H + F + 0.75W + 0.75L + 0.75(L_r ó G ó L_e)	(B.2.3-7)
D + H + F + 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(L_r ó G ó L_e)	(B.2.3-8)
0.6D + W + H	(B.2.3-9)
0.6D + 0.7E + H	(B.2.3-10)

De este modo se ingresan estas combinaciones al programa SAP-2000

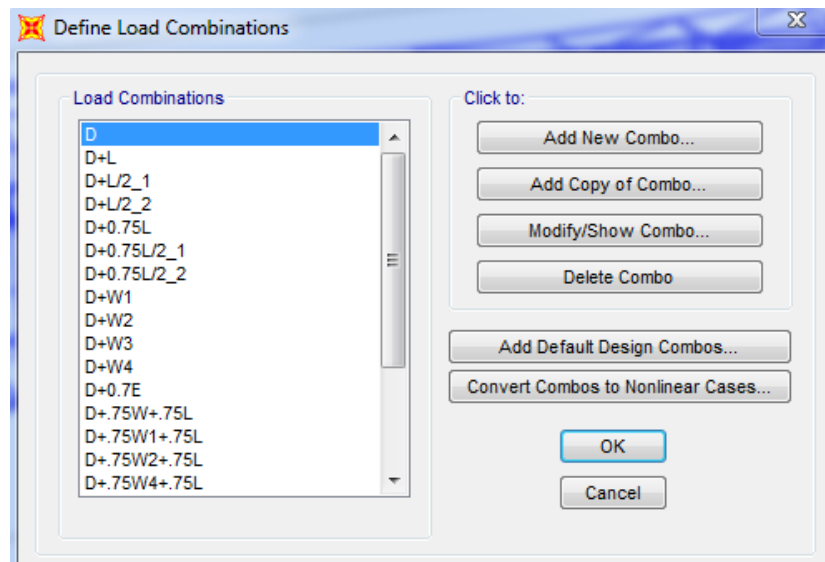


Ilustración 29: Definición de cargas básicas en SAP-2000

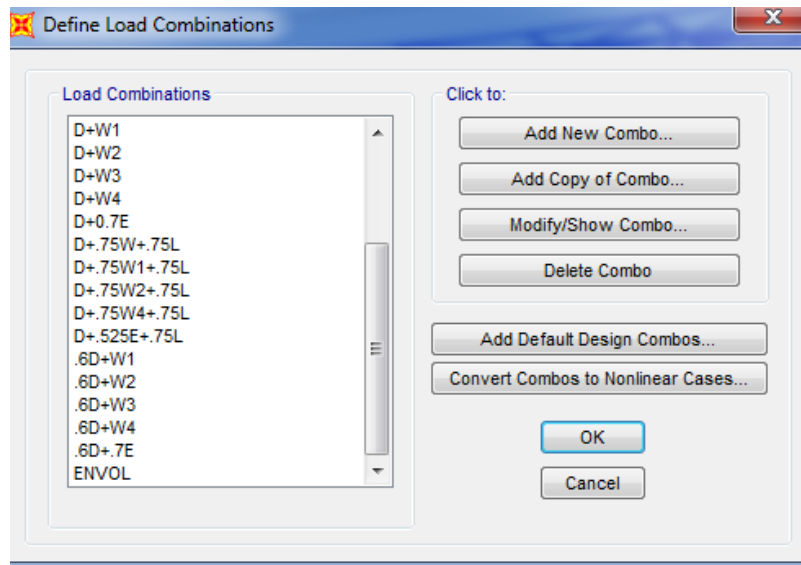


Ilustración 30: Definición de cargas básicas en SAP-2000 CONTINUACION

11.2. Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad

Toda guadua que cumpla con los requisitos de calidad para guadua estructural y de clasificación visual por defectos, debe utilizar para efectos de cálculo los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad consignados en las tablas de las siguientes tablas

Flexión	Tensión II	Compresión	Tensión ⊥	Corte II	Unidades
F_{kb}	F_{kt}	F_{kc}	F_{kp}	F_{kv}	
15	18	14	1.4	1.2	Mpa
153	183.6	142.8	14.28	12.24	Kg/cm2

|| = compresión paralela al eje longitudinal.

⊥ = compresión perpendicular al eje longitudinal

Tabla 13: Esfuerzos admisibles F_i CH=(12%) Fuente: NSR 10 CAPITULO G12

Módulo promedio E0.5	Módulo percentil 5 E0.05	Módulo mínimo Emin	Unidades
9500	7500	4000	MPa
96900	76500	40800	Kg/cm ²

- Valor usado para el análisis de elementos estructurales E_{0.5}
- Caso de condiciones de servicio críticas, que requieran un nivel de seguridad superior y cálculo de deflexiones E_{0.05}

Tabla 14: Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12% Fuente: NSR 10 CAPITULO G12

Para el análisis de elementos estructurales se debe utilizar E0.5, como módulo de elasticidad del material. El E min se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas (CL) y de Columnas (Cp). El E0.05 se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o requieran un nivel de seguridad superior al promedio. En todo caso, la escogencia del módulo de elasticidad indicado dependerá del criterio del ingeniero calculista.

11.2.1. Coeficientes de modificación

Con base en los valores de las Tablas de Esfuerzos admisibles F_i y del Módulo de elasticidad E_i; afectados por los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón es del: Tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de la carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinan las solicitaciones admisibles de todo miembro estructural, según las prescripciones de los numerales siguientes, con los esfuerzos admisibles modificados de acuerdo con la fórmula general:

$$F'_i = F_i C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_e$$

Donde:

- i = tiene el mismo significado que en el numeral anterior
- 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, acción conjunta
- C_p = coeficiente de modificación por estabilidad de columnas
- C_c = coeficiente de modificación por cortante
- F_i = esfuerzo admisible en la sollicitación i
- F'_i = esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i

Los coeficientes de modificación de aplicación general se indican en los numerales siguientes; los que dependen de la clase de sollicitación se estipulan en las secciones del Capítulo G.12 correspondientes.

11.3. Diseño de elementos sometidos a flexión

El diseño de elementos a flexión en guadua rolliza seguirá los mismos procedimientos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales. Debido a que la guadua angustifolia kunth presenta una relación MOR/MOE (módulo de ruptura/módulo de elasticidad) muy alta, lo que la convierte en un material muy flexible, el análisis a flexión estará regido por el control de las deflexiones admisibles, salvo en algunas excepciones, no obstante, siempre se debe comprobar la resistencia a la flexión, corte y aplastamiento.

En el diseño de miembros o elementos de guadua sometidos a flexión se deben verificar los siguientes efectos y en ningún caso pueden sobrepasar los esfuerzos admisibles modificados para cada sollicitación: Deflexiones; Flexión incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas; Cortante paralelo a la fibra; Aplastamiento (compresión perpendicular a la fibra). Se debe garantizar que los apoyos de un elemento de guadua rolliza sometido a flexión no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular), en la medida de lo posible estos deben terminar en nudos, si esto no ocurre o los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos (cañutos) de los apoyos con mortero de cemento. Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, ésta debe estar aplicada sobre un nudo; en todo caso se deben tomar las medidas necesarias para evitar una falla por corte paralelo a la fibra, y/o aplastamiento en el punto de aplicación. En estos casos se recomienda rellenar los entrenudos adyacentes a la carga con mortero de cemento. Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un

culmo (vigas de sección compuesta), estos deben estar unidos entre sí con pernos o varilla roscada y cintas metálicas (zunchos), que garanticen el trabajo en conjunto. Estos conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.

11.3.1. Luz de diseño

La luz de diseño considerada para vigas con apoyo simple, o en voladizo, será la luz libre entre caras de soporte más la mitad de la longitud del apoyo en cada extremo. En el caso de vigas continuas la luz de diseño considerada será la distancia centro a centro de apoyos.

11.3.2. Deflexiones

La guadua angustifolia kunth presenta una relación mor/moe muy alta, lo que obliga a que el diseño de elementos a flexión este regido por las deflexiones admisibles. A continuación se establecen los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas. Las deflexiones en elementos de guadua se deben calcular de acuerdo a las formulas de la teoría elástica tradicional, se debe considerar la deflexión producida por la flexión y si el caso de análisis lo amerita se debe realizar una corrección del módulo de elasticidad $E'05$ por cortante (G). Para el cálculo de la deflexión en vigas simplemente apoyadas se utilizaran las formulas de la tabla siguiente:

Condición de carga	Deflexión
Carga Puntual en el centro de la luz	$\Delta = \frac{Pl^3}{48EI} K$ (G.12.8-2)
Carga distribuida	$\Delta = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI} K$ (G.12.8-3)

Tabla 15: Cálculo de deflexiones Fuente NSR10 CAPITULO G12

Para otras condiciones de carga se deben utilizar las formulas de la teoría de la elasticidad. En las formulas de la tabla 15, K corresponde a un factor tabulado de deflexión el cual se puede obtener en la tabla 16

Condición de servicio	Cargas vivas (l/k)	Viento o Granizo (l/k)	Cargas totales (l/k) Nota 2
Elementos de techo / Cubiertas			
Cubiertas inclinadas			
Cielo rasos de pañete o yeso	l/360	l/360	l/240
Otros cielo rasos	l/240	l/240	l/180
Sin cielo raso	l/240	l/240	l/180
Techos planos	Nota 1	Nota 1	l/300
Techos industriales	-	-	l/200
Entrepisos			
Elementos de entrepiso	l/360	-	l/240
Entrepisos rígidos	-	-	l/360
Muros exteriores			
Con acabados frágiles	-	l/240	-
Con acabados flexibles	-	l/120	-

Notas:

1. Dependiendo del tipo de cielo raso
2. Por evaluación de cargas totales, a largo plazo estas no deben invertir pendientes de drenaje en techos.
3. Considerando únicamente la deflexión inicial G.12.8.9.7

Tabla 16: Deflexiones admisibles δ (mm) Fuente NSR10 CAPITULO G12

Las deflexiones de vigas, viguetas, entablados, pies derechos, se calcularán con el módulo de elasticidad promedio $E_{0.5}$, no obstante, si las condiciones de servicio son severas o el nivel de seguridad requerido es muy alto, se podrá utilizar el módulo de elasticidad del percentil 0.05, $E_{0.05}$, o el módulo de elasticidad mínimo, E_{min} , en todo caso la escogencia del módulo dependerá del criterio del ingeniero diseñador estructural.

11.3.3. Análisis de vibraciones según documento SETRA

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.122902	8.136589997	51.12370272	2613.63298
MODAL	Mode	2	0.106028	9.431489489	59.25979618	3511.723443
MODAL	Mode	3	0.093913	10.64811486	66.90407882	4476.155763
MODAL	Mode	4	0.060468	16.5376555	103.9091541	10797.1123
MODAL	Mode	5	0.056144	17.81135425	111.9120393	12524.30455
MODAL	Mode	6	0.056008	17.85472115	112.1845216	12585.36689
MODAL	Mode	7	0.044638	22.40249888	140.7590518	19813.11066
MODAL	Mode	8	0.043306	23.09131357	145.0870022	21050.2382
MODAL	Mode	9	0.043163	23.16803288	145.5690438	21190.34651
MODAL	Mode	10	0.037436	26.71189905	167.8358117	28168.85967

Tabla 17: Periodos y frecuencias para 10 modos de vibración

Modos de vibración		Horizontal lateral, frecuencia cic/s	Vertical y longitudinal, frecuencia cic/s
1		8.14	
2		9.43	
3		10.65	
4			16.53
5		17.81	
6		17.85	
7			22.40
8		23.09	
9			23.17
10		26.71	

Para vibraciones verticales y longitudinales las frecuencias son superiores a 16.53 Hertz de conformidad al documento Setra estaría en Rango 4: riesgo insignificante de resonancia.

Para vibraciones laterales se tienen valores superiores a 8.14 Hertz, superior a 2.5 Hertz del documento setra, Rango 4: riesgo insignificante de resonancia.

Todos los periodos son periodos cortos de conformidad al espectro elástico de diseño del CCP14.

Tabla 18: resultados de solicitudes de tensión en elementos SAP2000

ELEMENTO	AXIAL		LONGITUD	V2		M3	
	T (KN)	C(KN)	(m)	T (KN)	C(KN)	T(KN-m)	M(KN-m)
11	327.7	333.5	1.32	5.1	4.6	6.5	6.2
12	248.9	253.3	2.54	6.8	1.3	6.9	7.1
13	153.4	176.1	2.53	7.5	2.1	2.8	3.5
14	65.6	109.3	2.52	7.8	2.2	1.0	2.6
15	64.4	107.3	2.51	7.4	1.9	0.8	2.5
16	71.4	110.9	2.51	7.6	2.2	1.0	3.2
17	126.3	150.8	2.50	7.3	1.9	1.2	3.1
18	171.6	183.5	2.50	7.6	2.1	2.0	3.9
19	201.2	204.8	2.50	8.3	2.1	2.9	6.2
52	274.8	389.3	1.46	19.7	18.5	28.6	27.5
53	8.5	4.7	0.42	3.8	2.0	0.3	0.7
51	274.5	385.9	2.77	14.7	8.7	56.1	51.3
83	1.0	0.9	2.50	0.1	0.1	0.2	0.3
54	12.5	6.1	1.18	5.7	3.9	3.3	2.3
50	277.2	380.6	2.70	8.4	11.8	55.7	51.1
82	6.4	6.1	2.62	0.3	0.3	0.4	0.4
75	13.8	8.0	1.82	5.0	3.8	3.8	3.2
81	8.6	7.9	2.90	0.4	0.3	0.4	0.4
49	283.0	381.7	2.65	3.1	5.4	31.5	29.2
74	14.3	80.1	2.36	4.3	3.5	3.6	3.5
80	7.3	6.8	3.26	0.5	0.4	0.5	0.4
48	253.4	356.6	2.60	3.7	4.0	22.0	21.5
73	13.4	7.5	2.80	3.8	3.0	3.0	3.4
79	7.0	7.2	2.59	0.6	0.4	0.5	0.4
47	219.2	342.6	2.56	3.6	4.0	13.9	13.3
78	12.3	7.0	3.14	3.5	2.6	2.2	2.8
20	9.9	6.5	3.89	0.4	0.5	0.4	0.4
46	199.9	337.7	2.53	3.0	3.1	5.5	6.0
72	11.0	6.0	3.36	3.3	2.4	1.8	1.7
77	6.8	6.1	4.11	0.5	0.3	0.3	0.3

La tabla completa se encuentra en el anexo 4. Diseño de elementos en guadua

Tabla 19: Diseño de elementos en guadua según título G12 NSR200

CÁLCULO DE ELEMENTOS EN GUADUA SEGÚN LA NSR-10 ,TÍTULO G.12			
1.0	ELEMENTO	Tipo de sollicitación	Sección
	308	Compresión	G1
	Longitud del elemento (m)	1.3	
	Solicitación a compresión (kN)	4.9	
	Solicitación a Tensión (kN)		
	Solicitación a flexión (kN * m)	2.98	
	Solicitación cortante (kN)	0.962	
2.0	ELEMENTOS SOLICITADOS A COMPRESIÓN		
	PROPIEDADES DEL ELEMENTO		
	Numero de Culmos	1	
	Numero de Guaduas por Culmo	2	
	Diametro externo[D]	120 mm	
	Diametro interno[d]	96 mm	
	Espesor [t]	12 mm	
	Long. no soportada lateralmente, lu	1.3 m	
	Coficiente de long. Efectiva, k	1	
	Longitud efectiva [Le]	1.3 m	
	Inercia [I]	6.01E-06 m4	
	Inercia total [I]	1.20E-05 m4	
	Area neta [A]	4071.50 mm2	
	Area neta total [A]	8143.01 mm2	
	Radio de giro [r]	71.25 mm	
	Esbeltez, ck	59.37	
	Esbeltez [l]	18.25 col. Corta	
	Modulo de seccion [s]	344449.00 mm3	
3.0	PROPIEDADES DE LA GUADUA (NSR-10)		
	Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	9500 MPa	
	Modulo percentil 5 [E0.05]	7500 MPa	
	Modulo minimo [Emin]	4000 MPa	
	Esf. Admisible a flexion [Fb]	15 MPa	
	Esf. Admisible a traccion [Ft]	18 MPa	
	Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	14 MPa	
	Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	1.4 MPa	
	Esf. Admisible a corte [Fv]	1.2 MPa	
4.0	COEFICIENTES DE MODIFICACION		
	Por duracion de carga [CD]	1	
	Por contenido de humedad [Cm]	1	
	Por temperatura [Ct]	1	
	Por estabilidad lateral de vigas [CL]	1	
	Por forma [CF]	1.12	
	Por redistribucion de cargas [Cr]	1	
	Por estabilidad de columnas [Cp]	0.57	
	Por cortante [Cc]	1	
5.0	Propiedades del material afectados por los coeficientes de modificación		
	Esf. Admisible a flexion [F'b]	16.8 MPa	
	Esf. Admisible a tracción [F't]	18 MPa	
	Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	7.98 MPa	
	Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	1.4 MPa	
	Esf. Admisible a corte [F'v]	1.2 MPa	
6.0	Revision por compresion axial		
	Esfuerzo maximo, fc	0.60 MPa	
7.0	Revision por flexocompresion		
	Fuerza de compresion actuante, Na	4.9 kN	
	Momento actuante	2.9800 kN.m	
	Esbeltez Ck	59.37 col. Corta	
	Esf. de compresion paralelo a la fibra actuante [fc]	0.60 MPa	
	Esf. de flexion actuante [fb]	8.7 MPa	
	Carga critica de euler, Ncr	526436 N	
	Coficiente de magnificacion de momentos [km]	1.01	
	Relacion	0.60	OK
			$\frac{f_c}{F_c} + \frac{k_m f_b}{F_b} \leq 1.0$

Las tablas completas del cálculo de elementos se encuentran en el anexo 4. Diseño de elementos en guadua.

2 guaduas por cada elemento	
391	392
326	336
396	395
325	335
398	397
324	334
400	399
323	333
402	401
322	332
404	403
321	331
406	405
320	330
408	407
319	329
410	409
318	328
412	411
203	213

Tabla 21: resultado en cantidades de guadua

2.1								
SectionName	Area	TorsConst	I33	I22	S33	S22	R33	R22
Text	m2	m4	m4	m4	mm3	mm3	m	m
Constraine	0.005969	0.000054	0.000027	0.000027	270000	270000	0.067268	0.067268
G1	0.004948	0.000014	3.27E-06	0.000006958	65421.53	116000	0.0375	0.0375
G1-CUB	0.004948	0.000014	0.000006958	0.000006958	116000	116000	0.0375	0.0375
G1-CUB-DIAG	0.004948	0.000014	0.000006958	0.000006958	116000	116000	0.0375	0.0375
G1-Diag	0.004948	0.000014	0.000006958	0.000006958	116000	116000	0.0375	0.0375
G1X2	0.009896	0.000027	6.54E-06	0.00005	130843.061	413000	0.0375	0.070755
G2X2	0.019792	0.000091	1.31E-05	0.000099	130843.063	826000	0.070755	0.070755
G3	0.014844	0.000041	5.70E-05	0.000057	4.40E+05	4.71E+05	0.062099	0.061695
G3X2	0.029688	0.00017	0.000327	1.96E-05	1815000	196264.592	0.104911	0.070755
G5	0.02474	0.000104	0.00012	0.000234	911000	1149000	0.06973	0.097315
GTREBOL	0.019792	0.000055	0.000136	1.31E-05	825000	130893.063	0.082759	0.056624
Nuevos valores para G3 Y G5								
G3	0.014844	0.000041	9.81E-06	0.000057	1.24E+05	4.71E+05	2.57E-02	0.061695
G5	0.02474	0.000104	1.64E-05	2.34E-04	1.49E+05	1.15E+06	0.02571138	0.09731529

Tabla 22: Resultados SAP2000

12. Conclusiones

1. Antes de proceder con el diseño del puente, fue indispensable realizar los estudios básicos que permitieron tomar un conocimiento pleno de la zona, que generó la información básica, necesaria y suficiente que concluyó en el planteamiento de soluciones satisfactorias plasmadas en el proyecto definitivo, real, y ejecutable; Mediante el desarrollo de unos estudios básicos y previos para seguir con los estudios y cálculos correspondiente al dimensionamiento y calculo estructural.
2. En la etapa de pre-diseño de puentes peatonales en guadua, se debe tener en cuenta los métodos constructivos en este material ya que algunas pocas secciones, a la hora de ser amarradas con otras, se convierten en procesos muy complicados de superar en la etapa constructiva.
3. Como consecuencia de lo expuesto se aceptan los resultados del programa SAP-2000 y de la tabla de cálculo de elementos según el capítulo G.12 del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR10 en sus niveles de frecuencias horizontales y verticales.
4. Los métodos, técnicas y resultados. Utilizados para el cálculo estructural de este puente, son de gran aporte a la normalización de las consideraciones y recomendaciones para la elaboración de diseños de este tipo de puentes en Colombia, para que los ingenieros civiles tengan un gran apoyo en este tema.

13. Planos estructurales de la superestructura del puente

BIBLIOGRAFIA

1. CARMOL UMAÑA, Virginia. Bambú guadua, en puentes peatonales. En: Tecnología en marcha. Enero-marzo, 2010, vol. 23 no 1.
2. EHREBERG, Rachel. Earth Has 3 Trillion Trees Per New Count [La tierra tiene 3 billones de árboles, según nuevo conteo] [En línea]. Nature magazine. 2015. Disponible en: <https://www.scientificamerican.com/article/earth-has-3-trillion-trees-per-new-count-video/>.
3. ECOHABITAR. La guadua: una maravilla natural de grandes bondades y prometedor futuro [En línea]. Bogotá, 2013. Disponible en: <http://www.ecohabitar.org/la-gadua-una-maravilla-natural-de-grandes-bondades-y-prometedor-futuro/>.
4. REDACCION M&M. Puentes en Guadua: Pasos sobre Material Constructivo Eficiente. En: Revista M&M. Edición no 72.
5. STAMM, Jörg. Diseño y construcción de puentes en guadua. [En línea]. Pereira, 2000. Disponible en: <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/disen-y-construccion-de-puentes-en-gadua>.
6. LAMUS BAEZ, Augusto, URAZAN BONELLS, Carlos y ANDRADE PARDO, Sofía. La guadua angustifolia como alternativa para la construcción de puentes peatonales. 2014. Epsilon, no 23.
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Cosecha y postcosecha del culmo de guadua angustifolia kunth. NTC-5300. Bogotá. 2006. 4 p.
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Preservación y secado del culmo de guadua angustifolia kunth. NTC-5301. Bogotá. 2006. 3 p.
9. AASHTO Pedestrian Bridges Specifications
10. American Institute of Steel Construction (1995). Manual of Steel Construction Load y Resistance Factor Design, Copyright, USA.
11. Computers and Structures, Inc. (2008). SAP2000 Analysis Reference Manual, Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA.
12. Computers and Structures, Inc. (2008). SAP2000 Version 14.2.5, A Computer Program for Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three Dimensional Structures, Berkeley, California, USA.
13. Joints in Steel Construction – Simple Joints to Eurocode 3 (P358), SCI and BCSC, 2011.
14. Load and Resistance Factor Design Specifications (LRFD)
15. Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14
16. Reglamento Colombianas de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

17. Technical guide Footbridges, Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading, publicado por Service d'Études techniques des routes at autoroutes SETRA, 2006

ANEXOS

1. Cartera topográfica

No.	Norte	Este	Cota	Detalle		No	Norte	Este	Cota	Detalle
1	1041960.381	973230.872	1597.565	2		35	1041874.148	973208.993	1583.650	3
2	1041960.525	973231.899	1597.613	1		36	1041876.193	973202.724	1583.200	2
3	1041961.118	973232.173	1597.584	3		37	1041876.110	973182.732	1577.018	2
4	1041961.867	973232.090	1597.575	2		38	1041873.405	973150.873	1575.404	3
5	1041962.317	973231.772	1597.601	2		39	1041873.164	973150.735	1576.363	3
6	1041962.195	973230.377	1597.628	1		40	1041873.316	973135.292	1574.867	3
7	1041960.381	973230.872	1597.565	2		41	1041919.229	973228.824	1588.140	2
8	1041978.519	973243.179	1598.517	2		42	1041918.751	973222.422	1587.583	1
9	1041972.063	973246.202	1598.294	3		43	1041918.041	973213.576	1586.696	1
10	1041961.448	973223.388	1597.630	1		44	1041923.515	973250.182	1589.457	3
11	1041850.718	973224.354	1587.855	2		45	1041922.344	973242.590	1588.876	2
12	1041844.396	973238.398	1588.558	3		46	1041920.291	973231.221	1588.054	2
13	1041861.279	973233.887	1587.959	1		47	1041902.862	973232.871	1587.874	3
14	1041856.585	973244.315	1588.481	3		48	1041902.856	973236.901	1587.962	3
15	1041844.396	973238.398	1588.600	2		49	1041903.395	973248.459	1588.853	3
16	1041856.585	973244.315	1588.481	1		50	1041901.996	973210.808	1586.142	1
17	1041862.932	973252.844	1588.421	2		51	1041902.043	973221.717	1586.820	1
18	1041862.575	973257.254	1588.630	1		52	1041902.412	973230.094	1587.426	3
19	1041864.421	973253.757	1588.442	3		53	1041920.069	973230.495	1587.996	1
20	1041864.918	973248.817	1588.161	3		54	1041917.829	973230.772	1588.450	1
21	1041862.932	973252.844	1588.421	1		55	1041906.164	973231.914	1588.160	1
22	1041850.718	973224.354	1587.855	2		56	1041902.693	973232.290	1587.644	2
23	1041853.989	973217.619	1587.608	3		57	1041902.554	973231.102	1587.552	2
24	1041855.449	973231.057	1588.016	3		58	1041906.054	973230.797	1588.156	3
25	1041856.843	973227.692	1587.936	1		59	1041917.586	973229.642	1588.427	3
26	1041850.718	973224.354	1587.855	1		60	1041919.942	973229.415	1587.942	3
27	1041855.449	973231.057	1588.016	3		61	1041961.326	973204.195	1598.372	3
28	1041861.279	973233.887	1587.959	3		62	1041960.592	973211.546	1597.259	2
29	1041856.585	973244.315	1588.481	1		63	1041958.698	973204.107	1598.300	2
30	1041858.937	973245.249	1588.154	1		64	1041957.522	973214.731	1597.004	2
31	1041863.611	973235.125	1587.970	2		65	1041902.782	973181.674	1583.716	3
32	1041861.279	973233.887	1587.959	2		66	1041902.715	973183.702	1583.742	2
33	1041856.585	973244.315	1588.481	2		67	1041904.714	973183.814	1583.759	2

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
34	1041874.081	973222.408	1585.599	1	68	1041904.824	973181.852	1583.759	1
69	1041902.782	973181.674	1583.716	1	103	1041949.775	973239.187	1596.895	2
70	1041876.246	973178.351	1578.134	2	104	1041949.525	973244.738	1596.508	2
71	1041876.292	973178.367	1578.114	3	105	1041949.119	973254.807	1598.670	2
72	1041876.246	973178.351	1578.134	3	106	1041946.416	973264.343	1597.660	2
73	1041877.306	973179.929	1578.295	2	107	1041946.323	973274.589	1598.051	2
74	1041876.292	973178.367	1578.114	3	108	1041947.096	973285.655	1597.690	2
75	1041877.417	973179.799	1578.294	2	109	1041947.562	973296.407	1597.599	3
76	1041877.125	973181.289	1578.313	3	110	1041947.877	973307.236	1597.279	2
77	1041876.506	973182.555	1578.295	1	111	1041947.804	973316.124	1596.652	1
78	1041876.875	973182.591	1578.285	3	112	1041934.916	973221.503	1587.853	3
79	1041876.875	973182.591	1578.285	1	113	1041934.164	973211.790	1587.597	1
80	1041877.402	973181.290	1578.383	3	114	1041933.436	973202.250	1587.281	2
81	1041877.306	973179.929	1578.295	3	115	1041932.588	973193.050	1587.010	2
82	1041877.125	973181.289	1578.313	2	116	1041931.982	973182.346	1587.265	2
83	1041877.402	973181.290	1578.383	3	117	1041930.798	973168.501	1587.353	2
84	1041877.417	973179.799	1578.294	3	118	1041929.759	973154.906	1587.012	3
85	1041877.306	973179.929	1578.295	1	119	1041928.531	973143.153	1586.523	3
86	1041926.180	973181.509	1584.348	1	120	1041927.883	973132.768	1586.102	3
87	1041927.424	973181.040	1584.358	2	121	1041961.396	973255.988	1598.858	2
88	1041927.490	973180.897	1584.374	3	122	1041957.540	973260.065	1598.372	3
89	1041926.180	973181.509	1584.348	1	123	1041955.232	973267.453	1597.693	2
90	1041926.474	973182.861	1584.407	3	124	1041954.309	973274.500	1597.697	2
91	1041926.305	973182.878	1584.390	1	125	1041953.638	973282.829	1597.506	2
92	1041925.996	973181.207	1584.333	2	126	1041953.370	973290.037	1597.264	3
93	1041926.180	973181.509	1584.348	3	127	1041953.515	973297.717	1597.006	3
94	1041938.849	973145.638	1587.381	2	128	1041953.679	973304.699	1596.673	3
95	1041937.247	973163.278	1588.943	1	129	1041953.860	973311.865	1596.437	2
96	1041939.072	973172.372	1589.464	2	130	1041947.556	973171.358	1589.996	2
97	1041941.381	973181.770	1590.416	3	131	1041947.978	973175.391	1590.137	3
98	1041943.672	973191.182	1591.555	3	132	1041948.862	973183.466	1590.905	1
99	1041946.034	973199.892	1592.422	3	133	1041950.725	973192.761	1591.773	3
100	1041949.466	973211.104	1593.586	2	134	1041951.490	973195.958	1591.955	2

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
101	1041950.765	973221.704	1594.841	1	135	1041951.528	973198.718	1592.469	2
102	1041950.432	973232.444	1596.189	1	136	1041953.378	973203.840	1593.014	2
137	1041954.034	973208.865	1593.178	3	171	1041931.932	973212.439	1586.430	2
138	1041954.168	973215.455	1594.038	2	172	1041934.127	973222.920	1587.396	3
139	1041954.637	973223.024	1595.209	3	173	1041938.601	973237.681	1589.119	2
140	1041954.955	973229.871	1596.354	2	174	1041939.747	973243.399	1589.875	2
141	1041941.900	973131.777	1586.395	3	175	1041917.091	973132.028	1579.741	1
142	1041942.535	973139.241	1586.904	2	176	1041919.038	973143.084	1580.699	2
143	1041942.575	973146.439	1587.342	1	177	1041921.209	973155.274	1581.680	1
144	1041942.380	973155.082	1588.118	2	178	1041923.616	973168.164	1582.753	1
145	1041942.624	973163.035	1588.792	3	179	1041925.852	973180.063	1583.770	3
146	1041944.442	973170.189	1589.367	1	180	1041950.330	973316.403	1595.711	1
147	1041946.491	973335.403	1594.767	3	181	1041949.773	973308.293	1596.407	3
148	1041946.512	973325.716	1594.449	1	182	1041949.669	973299.027	1596.800	1
149	1041946.346	973316.131	1594.253	3	183	1041949.759	973290.581	1597.026	1
150	1041946.069	973305.444	1593.566	3	184	1041949.752	973279.690	1597.457	1
151	1041945.297	973295.738	1593.059	3	185	1041950.542	973267.270	1597.639	2
152	1041944.330	973286.168	1592.296	3	186	1041952.947	973255.284	1598.323	2
153	1041943.465	973275.796	1592.143	3	187	1041955.743	973248.952	1598.173	2
154	1041942.833	973265.325	1592.299	3	188	1041955.706	973236.400	1596.993	3
155	1041943.509	973256.743	1591.103	2	189	1041956.205	973225.334	1596.844	1
156	1041943.411	973247.779	1591.009	1	190	1041957.522	973214.731	1597.004	3
157	1041941.423	973227.201	1588.439	3	191	1041964.037	973253.264	1599.105	2
158	1041942.399	973217.165	1587.847	3	192	1041959.902	973253.139	1598.465	3
159	1041942.567	973205.803	1587.451	3	193	1041959.336	973251.830	1598.277	1
160	1041940.667	973195.393	1587.316	2	194	1041963.429	973255.687	1599.208	3
161	1041938.599	973184.037	1587.236	1	195	1041958.406	973255.714	1598.475	2
162	1041937.464	973174.249	1587.117	1	196	1041956.647	973256.418	1598.484	2
163	1041935.964	973165.351	1586.923	2	197	1041983.449	973254.298	1599.402	3
164	1041936.156	973158.829	1586.742	2	198	1041975.793	973251.577	1598.859	3
165	1041937.100	973148.432	1586.590	3	199	1041968.976	973249.508	1598.318	3
166	1041936.800	973143.812	1586.497	2	200	1041963.625	973249.031	1598.037	2
167	1041927.853	973183.263	1584.166	1	201	1041960.449	973250.204	1598.118	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle		No.	Norte	Este	Cota	Detalle
168	1041927.179	973186.454	1584.396	2		202	1041959.336	973251.830	1598.277	3
169	1041928.793	973195.698	1585.148	1		203	1041956.647	973256.418	1598.484	1
170	1041930.501	973204.811	1585.852	2		204	1041955.753	973258.400	1598.324	1
205	1041954.226	973263.945	1597.730	3		239	1041882.547	973164.920	1577.587	3
206	1041953.304	973271.045	1597.609	1		240	1041881.563	973149.903	1576.286	3
207	1041952.962	973278.596	1597.536	2		241	1041880.492	973135.188	1574.736	1
208	1041952.808	973285.252	1597.407	2		242	1041864.045	973219.305	1585.151	1
209	1041952.624	973293.136	1597.050	1		243	1041872.692	973226.257	1585.929	3
210	1041952.685	973300.826	1596.734	3		244	1041876.865	973229.793	1586.369	2
211	1041953.022	973308.724	1596.405	1		245	1041877.118	973135.120	1574.899	3
212	1041953.046	973317.046	1595.837	1		246	1041878.166	973150.240	1576.778	1
213	1041960.592	973211.546	1597.259	2		247	1041878.794	973164.585	1577.946	3
214	1041959.534	973221.791	1597.073	2		248	1041879.562	973177.712	1579.240	2
215	1041958.638	973230.384	1596.880	2		249	1041879.990	973191.445	1581.447	1
216	1041959.316	973238.874	1597.398	3		250	1041879.643	973202.297	1582.938	3
217	1041965.213	973244.331	1597.971	2		251	1041879.130	973214.911	1584.484	2
218	1041966.885	973246.110	1598.145	3		252	1041879.574	973227.275	1586.203	3
219	1598.485	1041972.183	973247.702	2		253	1041879.271	973227.432	1586.218	2
220	1041979.247	973250.320	1599.099	1		254	1041867.084	973218.193	1585.136	3
221	1041988.011	973253.310	1599.384	1		255	1041947.521	973173.460	1589.876	2
222	1041883.206	973292.793	1596.407	3		256	1041948.074	973178.991	1590.128	1
223	1041884.425	973285.578	1594.658	3		257	1041949.226	973185.723	1590.860	2
224	1041885.390	973278.578	1593.063	3		258	1041950.629	973192.626	1591.581	1
225	1041886.388	973269.005	1591.257	1		259	1041951.490	973195.958	1591.955	2
226	1041887.093	973258.967	1589.577	1		260	1041951.330	973198.694	1592.180	2
227	1041887.499	973253.442	1588.820	3		261	1041953.500	973204.755	1592.828	2
228	1041884.302	973253.164	1588.931	1		262	1041881.247	973135.172	1574.635	3
229	1041884.268	973258.081	1589.468	1		263	1041881.754	973144.487	1575.629	1
230	1041883.777	973266.504	1590.886	3		264	1041883.165	973163.237	1577.367	2
231	1041883.032	973275.093	1592.426	1		265	1041883.736	973172.843	1578.330	2
232	1041881.734	973284.313	1594.352	1		266	1041883.902	973182.735	1579.662	2
233	1041880.357	973292.307	1596.281	2		267	1041884.166	973192.747	1581.112	2
234	1041884.067	973228.013	1586.398	1		268	1041884.423	973203.292	1582.615	3

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
235	1041883.991	973218.062	1584.736	1	269	1041884.572	973213.097	1583.971	2
236	1041883.700	973202.654	1582.649	3	270	1041884.464	973223.276	1585.374	1
237	1041883.505	973191.225	1580.910	2	271	1041889.458	973331.117	1594.792	1
238	1041883.130	973177.661	1578.998	3	272	1041889.568	973317.225	1593.667	1
273	1041889.749	973299.871	1592.316	2	307	1041904.307	973271.235	1590.409	1
274	1041890.029	973279.916	1590.700	1	308	1041904.192	973280.844	1591.122	3
275	1041890.263	973259.863	1589.182	2	309	1041904.049	973292.869	1591.942	3
276	1041890.408	973244.123	1588.136	3	310	1041904.088	973300.117	1592.357	3
277	1041890.707	973229.047	1587.030	2	311	1041904.307	973302.477	1592.488	1
278	1041890.873	973213.503	1585.710	1	312	1041904.892	973307.297	1592.744	1
279	1041891.092	973197.020	1584.423	2	313	1041905.279	973309.658	1592.897	2
280	1041891.270	973180.733	1583.072	3	314	1041905.808	973312.011	1593.008	2
281	1041891.146	973164.973	1581.816	2	315	1041906.488	973314.356	1593.113	2
282	1041891.128	973150.495	1580.695	3	316	1041907.364	973316.594	1593.232	3
283	1041890.893	973135.975	1579.503	1	317	1041908.368	973318.810	1593.326	2
284	1041927.798	973182.769	1583.782	1	318	1041909.600	973320.832	1593.420	1
285	1041926.608	973186.034	1584.082	2	319	1041911.253	973322.616	1593.500	3
286	1041929.720	973202.557	1585.473	2	320	1041913.364	973323.810	1593.619	2
287	1041932.525	973217.776	1586.734	3	321	1041915.629	973324.604	1593.637	3
288	1041935.823	973235.299	1588.287	2	322	1041918.045	973324.764	1593.619	2
289	1041938.581	973251.123	1589.705	1	323	1041920.350	973324.352	1593.590	2
290	1041940.758	973263.502	1590.711	1	324	1041922.608	973323.319	1593.557	3
291	1041945.108	973302.527	1593.294	1	325	1041924.468	973321.993	1593.453	2
292	1041945.594	973314.845	1593.839	1	326	1041925.895	973319.884	1593.427	1
293	1041945.890	973326.027	1594.334	2	327	1041927.058	973317.786	1593.340	3
294	1041946.102	973337.296	1594.697	2	328	1041928.065	973315.513	1593.245	2
295	1041916.963	973132.969	1579.648	1	329	1041928.840	973313.152	1593.133	3
296	1041919.745	973148.829	1580.965	2	330	1041929.462	973310.863	1593.053	3
297	1041923.032	973166.714	1582.480	2	331	1041929.874	973308.316	1592.894	2
298	1041925.780	973181.279	1583.703	2	332	1041930.125	973303.516	1592.654	1
299	1041903.770	973183.785	1583.401	2	333	1041930.320	973299.467	1592.466	2
300	1041901.753	973188.241	1584.012	1	334	1041930.180	973296.069	1592.250	1
301	1041901.488	973206.826	1585.459	1	335	1041928.507	973279.349	1591.102	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
302	1041901.570	973214.921	1586.148	3	336	1041927.166	973269.685	1590.447	1
303	1041901.849	973222.670	1586.767	2	337	1041925.652	973259.755	1589.844	1
304	1041902.349	973230.774	1587.323	2	338	1041922.650	973243.262	1588.684	1
305	1041902.748	973239.181	1588.004	3	339	1041920.335	973230.745	1587.793	2
306	1041903.601	973256.870	1589.306	3	340	1041920.080	973229.062	1587.624	1
341	1041919.939	973226.686	1587.540	1	375	1041901.077	973210.423	1585.796	2
342	1041918.365	973213.696	1586.536	3	376	1041901.617	973226.804	1587.110	1
343	1041916.431	973197.770	1585.238	3	377	1041902.658	973245.875	1588.600	2
344	1041914.373	973180.746	1583.800	3	378	1041903.888	973270.326	1590.458	1
345	1041913.246	973173.623	1583.171	2	379	1041903.617	973295.203	1592.185	2
346	1041909.261	973151.955	1581.394	2	380	1041903.648	973300.099	1592.451	3
347	1041906.349	973135.231	1579.931	3	381	1041904.176	973304.946	1592.763	2
348	1041901.291	973135.289	1579.733	2	382	1041904.890	973309.765	1593.005	2
349	1041901.697	973163.363	1582.026	1	383	1041906.003	973314.275	1593.208	2
350	1041901.838	973180.130	1583.330	3	384	1041907.506	973317.969	1593.384	1
351	1041902.754	973181.820	1583.416	1	385	1041908.692	973320.242	1593.484	2
352	1041945.056	973337.136	1594.869	2	386	1041910.923	973322.872	1593.583	3
353	1041944.952	973326.044	1594.488	1	387	1041913.488	973324.368	1593.707	3
354	1041944.584	973314.868	1594.049	2	388	1041916.531	973325.205	1593.744	2
355	1041944.026	973302.797	1593.434	3	389	1041919.307	973325.080	1593.714	1
356	1041939.824	973263.609	1590.832	1	390	1041922.003	973324.218	1593.656	2
357	1041937.303	973248.356	1589.572	1	391	1041924.574	973322.486	1593.580	1
358	1041934.145	973230.667	1587.945	2	392	1041926.170	973320.490	1593.489	2
359	1041931.103	973214.401	1586.517	3	393	1041927.599	973317.780	1593.380	3
360	1041927.961	973198.055	1585.196	3	394	1041928.824	973314.855	1593.248	2
361	1041924.144	973177.442	1583.491	1	395	1041929.749	973311.857	1593.116	3
362	1041921.064	973160.843	1582.046	1	396	1041930.270	973308.990	1592.973	1
363	1041918.242	973145.245	1581.070	3	397	1041930.501	973305.879	1592.821	1
364	1041916.126	973133.028	1579.680	1	398	1041930.694	973302.275	1592.622	1
365	1041936.004	973331.494	1594.439	2	399	1041930.808	973299.024	1592.475	1
366	1041933.164	973331.594	1594.386	1	400	1041930.607	973295.145	1592.234	3
367	1041927.999	973335.081	1594.545	1	401	1041930.023	973288.768	1591.824	1
368	1041921.340	973337.330	1594.646	2	402	1041928.634	973276.670	1590.974	2

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
369	1041913.611	973337.289	1594.694	1	403	1041926.444	973262.160	1590.025	3
370	1041905.419	973334.125	1594.601	2	404	1041924.439	973250.275	1589.184	1
371	1041901.453	973327.611	1594.249	3	405	1041921.777	973236.058	1588.220	3
372	1041900.005	973329.593	1594.410	3	406	1041920.725	973229.112	1587.766	3
373	1041899.554	973334.605	1594.745	3	407	1041918.944	973214.343	1586.634	2
374	1041901.211	973197.735	1584.784	1	408	1041917.197	973200.108	1585.479	1
409	1041915.483	973185.624	1584.234	2	443	1041891.912	973152.314	1580.915	2
410	1041914.743	973179.682	1583.725	1	444	1041892.153	973168.784	1582.242	2
411	1041912.926	973168.576	1582.800	2	445	1041892.234	973183.546	1583.429	3
412	1041906.880	973135.340	1579.995	1	446	1041892.033	973199.487	1584.731	1
413	1041909.791	973151.793	1581.374	2	447	1041891.744	973218.306	1586.218	1
414	1041912.926	973168.576	1582.800	1	448	1041891.508	973236.168	1587.574	3
415	1041916.676	973185.937	1584.283	1	449	1041891.271	973253.565	1588.863	1
416	1041920.089	973204.026	1585.788	1	450	1041890.952	973279.898	1590.854	3
417	1041923.063	973220.116	1587.089	3	451	1041890.693	973299.903	1592.508	1
418	1041926.164	973236.978	1588.354	3	452	1041890.425	973321.422	1594.137	2
419	1041929.096	973253.708	1589.642	1	453	1041890.246	973331.424	1594.950	1
420	1041931.719	973271.260	1590.884	2	454	1041888.032	973183.468	1583.062	1
421	1041933.015	973280.233	1591.547	1	455	1041884.658	973202.944	1582.004	3
422	1041934.001	973290.360	1592.198	2	456	1041887.001	973136.580	1578.390	3
423	1041934.603	973299.922	1592.756	2	457	1041946.069	973305.444	1593.566	3
424	1041935.299	973311.227	1593.406	3	458	1041961.867	973232.090	1597.575	2
425	1041935.819	973321.454	1593.973	3	459	1041923.616	973168.164	1582.753	1
426	1041936.004	973331.494	1594.439	3	460	1041950.629	973192.626	1591.581	3
427	1041899.554	973334.605	1594.745	2	461	1041925.895	973319.884	1593.427	2
428	1041899.532	973331.470	1594.553	1	462	1041890.408	973244.123	1588.136	3
429	1041899.358	973327.250	1594.253	1	463	1041940.758	973263.502	1590.711	1
430	1041899.546	973313.296	1593.366	2	464	1041874.148	973208.993	1583.650	3
431	1041899.622	973297.298	1592.311	3	465	1041935.819	973321.454	1593.973	2
432	1041899.786	973282.108	1591.238	1	466	1041902.782	973181.674	1583.716	1
433	1041900.054	973266.225	1590.074	2	467	1041926.164	973236.978	1588.354	1
434	1041900.200	973248.581	1588.727	1	468	1041890.246	973331.424	1594.959	3
435	1041900.387	973232.030	1587.492	3	469	1041901.574	973134.602	1579.890	2

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
436	1041900.487	973218.207	1586.432	2	470	1041901.453	973327.611	1594.249	1
437	1041901.211	973197.735	1584.784	3	471	1041914.212	973182.472	1584.138	1
438	1041901.425	973180.245	1583.385	1	472	1041892.033	973199.487	1584.731	2
439	1041901.364	973169.050	1582.475	2	473	1041903.022	973165.152	1582.948	1
440	1041901.113	973153.236	1581.233	3	474	1041975.793	973251.577	1598.859	1
441	1041900.901	973135.482	1579.832	2	475	1041923.571	973255.061	1590.429	2
442	1041891.683	973135.602	1579.583	2	476	1041949.759	973290.581	1597.026	1
477	1041926.124	973281.284	1592.307	3	511	1041872.595	973242.358	1587.942	1
478	1041956.647	973256.418	1598.484	1	512	1041876.719	973160.610	1577.624	3
479	1041908.013	973273.407	1591.437	2	513	1041887.872	973228.156	1587.090	3
480	1041883.032	973275.093	1592.426	1	514	1041957.540	973260.065	1598.372	1
481	1041910.237	973300.153	1593.445	1	515	1041935.964	973165.351	1586.923	1
482	1041888.027	973251.749	1588.743	2	516	1041944.442	973170.189	1589.367	1
483	1041890.297	973202.171	1585.423	2	517	1041947.521	973173.460	1589.876	3
484	1041890.292	973221.720	1586.634	3	518	1041891.146	973164.973	1581.816	2
485	1041953.378	973203.840	1593.014	2	519	1041881.754	973144.487	1575.629	3
486	1041943.411	973247.779	1591.009	2	520	1041904.049	973292.869	1591.942	2
487	1041936.800	973143.812	1586.497	3	521	1041916.963	973132.969	1579.648	1
488	1041931.932	973212.439	1586.430	3	522	1041933.436	973202.250	1587.281	2
489	1041901.849	973222.670	1586.767	3	523	1041949.466	973211.104	1593.586	2
490	1041918.045	973324.764	1593.619	2	524	1041900.054	973266.225	1590.074	1
491	1041906.488	973314.356	1593.113	3	525	1041934.145	973230.667	1587.945	2
492	1041930.125	973303.516	1592.654	1	526	1041921.064	973160.843	1582.046	3
493	1041928.531	973143.153	1586.523	2	527	1041928.824	973314.855	1593.248	2
494	1041938.849	973145.638	1587.381	3	528	1041901.996	973210.808	1586.142	1
495	1041855.449	973231.057	1588.016	2	529	1041901.935	973200.228	1585.111	3
496	1041928.634	973276.670	1590.974	3	530	1041927.490	973180.897	1584.374	3
497	1041900.005	973329.593	1594.410	1	531	1041904.770	973238.929	1588.793	1
498	1041935.180	973134.100	1585.839	1	532	1041877.402	973181.290	1578.383	2
499	1041919.307	973325.080	1593.714	2	533	1041914.807	973217.400	1587.315	2
500	1041966.176	973235.971	1597.833	2	534	1041968.976	973249.508	1598.318	2
501	1041891.271	973253.565	1588.863	3	535	1041918.156	973255.650	1590.212	2
502	1041903.049	973144.131	1581.361	3	536	1041879.990	973191.445	1581.447	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
503	1041965.213	973244.331	1597.971	3	537	1041906.148	973312.147	1593.240	2
504	1041920.368	973237.727	1589.181	3	538	1041879.271	973227.432	1586.218	3
505	1041926.474	973182.861	1584.407	1	539	1041927.496	973307.605	1593.877	1
506	1041902.568	973228.011	1587.335	1	540	1041877.889	973202.616	1583.254	3
507	1041956.205	973225.334	1596.844	3	541	1041889.843	973171.280	1583.319	3
508	1041903.820	973256.922	1589.444	3	542	1041953.679	973304.699	1596.673	2
509	1041879.574	973227.275	1586.203	2	543	1041920.069	973230.495	1587.996	2
510	1041923.526	973322.439	1593.649	1	544	1041951.695	973196.340	1592.253	2
545	1041964.265	973252.391	1599.176	1	579	1041925.652	973259.755	1589.844	2
546	1041962.195	973230.377	1597.628	3	580	1041876.193	973202.724	1583.200	1
547	1041884.572	973213.097	1583.971	2	581	1041936.004	973331.494	1594.439	2
548	1041928.840	973313.152	1593.133	2	582	1041864.918	973248.817	1588.161	3
549	1041914.373	973180.746	1583.800	3	583	1041900.200	973248.581	1588.727	2
550	1041920.080	973229.062	1587.624	3	584	1041904.176	973304.946	1592.763	1
551	1041949.525	973244.738	1596.508	2	585	1041935.475	973231.942	1588.144	1
552	1041899.546	973313.296	1593.366	1	586	1041913.611	973337.289	1594.694	1
553	1041924.144	973177.442	1583.491	1	587	1041932.412	973139.531	1586.137	2
554	1041916.676	973185.937	1584.283	1	588	1041901.211	973197.735	1584.784	1
555	1041903.888	973270.326	1590.458	1	589	1041902.094	973165.116	1582.356	3
556	1041901.876	973156.100	1581.626	1	590	1041959.534	973221.791	1597.073	1
557	1041947.856	973281.607	1597.856	2	591	1041922.173	973246.324	1589.841	2
558	1041903.852	973188.019	1584.740	1	592	1041952.808	973285.252	1597.407	2
559	1041901.113	973153.236	1581.233	3	593	1041928.311	973281.054	1591.338	2
560	1041906.793	973173.618	1583.754	3	594	1041955.743	973248.952	1598.173	1
561	1041902.856	973236.901	1587.962	2	595	1041909.634	973265.252	1590.772	2
562	1041916.273	973199.579	1585.574	3	596	1041881.734	973284.313	1594.352	1
563	1041949.773	973308.293	1596.407	3	597	1041904.285	973291.898	1592.064	3
564	1041923.597	973290.655	1592.818	3	598	1041880.436	973252.324	1588.608	1
565	1041881.563	973149.903	1576.286	3	599	1041889.510	973202.355	1585.903	1
566	1041919.337	973323.061	1594.449	3	600	1041889.199	973221.849	1587.374	2
567	1041884.302	973253.164	1588.931	2	601	1041954.034	973208.865	1593.178	1
568	1041928.464	973298.809	1593.337	1	602	1041939.747	973243.399	1589.875	1
569	1041882.564	973232.585	1587.060	1	603	1041941.900	973131.777	1586.395	2

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
570	1041884.161	973183.064	1579.075	1	604	1041934.127	973222.920	1587.396	3
571	1041890.462	973211.830	1586.069	2	605	1041891.092	973197.020	1584.423	1
572	1041887.597	973147.016	1579.506	2	606	1041890.263	973259.863	1589.182	3
573	1041945.297	973295.738	1593.059	1	607	1041905.808	973312.011	1593.008	2
574	1041961.118	973232.173	1597.584	3	608	1041946.323	973274.589	1598.051	1
575	1041925.852	973180.063	1583.770	3	609	1041929.759	973154.906	1587.012	2
576	1041949.226	973185.723	1590.860	3	610	1041937.247	973163.278	1588.943	3
577	1041924.468	973321.993	1593.453	3	611	1041856.843	973227.692	1587.936	3
578	1041913.364	973323.810	1593.619	3	612	1041939.824	973263.609	1590.832	2
613	1041908.692	973320.242	1593.484	3	647	1041903.569	973227.905	1587.921	2
614	1041930.086	973134.708	1586.055	3	648	1041876.875	973182.591	1578.285	1
615	1041933.164	973331.594	1594.386	3	649	1041910.636	973210.014	1586.618	3
616	1041964.423	973232.014	1597.632	2	650	1041880.357	973292.307	1596.281	3
617	1041902.658	973245.875	1588.600	2	651	1041904.291	973300.593	1592.588	3
618	1041902.993	973156.045	1582.189	3	652	1041879.562	973177.712	1579.240	3
619	1041979.247	973250.320	1599.099	3	653	1041910.396	973319.277	1594.291	2
620	1041918.794	973227.594	1588.356	3	654	1041876.865	973229.793	1586.369	3
621	1041876.292	973178.367	1578.114	1	655	1041926.856	973317.538	1593.570	1
622	1041902.157	973218.484	1586.665	2	656	1041877.777	973209.331	1583.891	1
623	1041959.902	973253.139	1598.465	1	657	1041887.852	973171.270	1582.185	1
624	1041903.667	973248.072	1588.818	3	658	1041953.860	973311.865	1596.437	2
625	1041883.991	973218.062	1584.736	1	659	1041890.492	973136.327	1579.712	2
626	1041912.285	973322.861	1593.780	1	660	1041951.528	973198.718	1592.469	1
627	1041867.125	973245.090	1588.060	1	661	1041958.698	973204.107	1598.300	2
628	1041877.519	973169.649	1578.272	2	662	1041967.469	973251.128	1598.486	1
629	1041884.939	973227.087	1586.464	3	663	1041884.464	973223.276	1585.374	1
630	1041955.232	973267.453	1597.693	2	664	1041928.065	973315.513	1593.245	3
631	1041906.054	973230.797	1588.156	3	665	1041925.780	973181.279	1583.703	3
632	1041947.556	973171.358	1589.996	1	666	1041935.823	973235.299	1588.287	1
633	1041946.102	973337.296	1594.697	3	667	1041949.119	973254.807	1598.670	3
634	1041903.770	973183.785	1583.401	3	668	1041934.603	973299.922	1592.756	1
635	1041883.165	973163.237	1577.367	2	669	1041944.026	973302.797	1593.434	1
636	1041904.192	973280.844	1591.122	1	670	1041920.089	973204.026	1585.788	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
637	1041906.349	973135.231	1579.931	1	671	1041890.693	973299.903	1592.508	1
638	1041934.164	973211.790	1587.597	2	672	1041907.330	973143.179	1580.966	3
639	1041950.765	973221.704	1594.841	3	673	1041948.234	973297.700	1597.640	3
640	1041931.719	973271.260	1590.884	3	674	1041909.508	973183.111	1584.693	3
641	1041920.725	973229.112	1587.766	2	675	1041892.153	973168.784	1582.242	2
642	1041912.926	973168.576	1582.800	2	676	1041910.520	973165.335	1583.409	1
643	1041929.749	973311.857	1593.116	1	677	1041920.291	973231.221	1588.054	1
644	1041951.479	973245.503	1597.872	3	678	1041915.408	973192.115	1584.913	3
645	1041903.336	973192.547	1584.946	1	679	1041953.022	973308.724	1596.405	3
646	1041927.424	973181.040	1584.358	1	680	1041911.713	973283.791	1592.343	2
681	1041877.118	973135.120	1574.899	1	715	1041871.505	973229.880	1587.846	3
682	1041919.833	973308.632	1593.966	1	716	1041887.270	973221.663	1586.696	2
683	1041887.499	973253.442	1588.820	2	717	1041954.168	973215.455	1594.038	2
684	1041915.702	973318.036	1594.356	1	718	1041940.667	973195.393	1587.316	2
685	1041887.797	973238.800	1587.813	3	719	1041942.535	973139.241	1586.904	1
686	1041890.742	973192.534	1584.405	2	720	1041941.423	973227.201	1588.439	3
687	1041889.428	973212.043	1586.597	3	721	1041901.570	973214.921	1586.148	3
688	1041884.189	973148.132	1577.435	1	722	1041915.629	973324.604	1593.637	1
689	1041944.330	973286.168	1592.296	1	723	1041905.279	973309.658	1592.897	3
690	1041960.525	973231.899	1597.613	1	724	1041947.096	973285.655	1597.690	1
691	1041927.853	973183.263	1584.166	2	725	1041930.798	973168.501	1587.353	2
692	1041902.748	973239.181	1588.004	2	726	1041939.072	973172.372	1589.464	3
693	1041889.749	973299.871	1592.316	1	727	1041850.718	973224.354	1587.855	3
694	1041911.253	973322.616	1593.500	2	728	1041926.444	973262.160	1590.025	3
695	1041927.166	973269.685	1590.447	3	729	1041905.419	973334.125	1594.601	1
696	1041873.316	973135.292	1574.867	3	730	1041941.504	973138.863	1586.637	3
697	1041945.056	973337.136	1594.869	2	731	1041922.003	973324.218	1593.656	2
698	1041862.932	973252.844	1588.421	3	732	1041962.750	973237.251	1597.664	3
699	1041929.096	973253.708	1589.642	1	733	1041902.412	973230.094	1587.426	2
700	1041904.890	973309.765	1593.005	3	734	1041910.080	973199.869	1585.837	3
701	1041936.958	973239.202	1588.892	1	735	1041972.183	973247.702	1598.485	1
702	1041913.488	973324.368	1593.707	3	736	1041915.174	973238.278	1588.889	2
703	1041971.338	973245.685	1598.320	3	737	1041876.246	973178.351	1578.134	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
704	1041891.744	973218.306	1586.218	1	738	1041902.993	973218.488	1587.161	2
705	1041909.641	973155.990	1581.923	2	739	1041959.336	973251.830	1598.277	1
706	1041983.449	973254.298	1599.402	3	740	1041905.223	973256.726	1590.164	2
707	1041924.407	973254.833	1589.688	1	741	1041879.130	973214.911	1584.484	1
708	1041949.752	973279.690	1597.457	3	742	1041918.241	973324.511	1593.760	2
709	1041927.115	973271.785	1590.780	1	743	1041873.802	973235.625	1587.748	2
710	1041958.406	973255.714	1598.475	1	744	1041878.928	973177.517	1579.138	3
711	1041905.968	973273.656	1591.402	2	745	1041888.656	973231.819	1587.263	3
712	1041886.388	973269.005	1591.257	1	746	1041954.309	973274.500	1597.697	1
713	1041905.745	973300.499	1593.301	1	747	1041906.164	973231.914	1588.160	2
714	1041879.486	973256.551	1589.174	1	748	1041947.978	973175.391	1590.137	1
749	1041945.890	973326.027	1594.334	3	783	1041946.416	973264.343	1597.660	2
750	1041891.128	973150.495	1580.695	2	784	1041899.358	973327.250	1594.253	1
751	1041883.736	973172.843	1578.330	2	785	1041902.715	973183.702	1583.742	3
752	1041904.307	973271.235	1590.409	3	786	1041900.487	973218.207	1586.432	3
753	1041919.745	973148.829	1580.965	3	787	1041903.617	973295.203	1592.185	2
754	1041926.608	973186.034	1584.082	3	788	1041905.884	973134.014	1580.135	1
755	1041950.432	973232.444	1596.189	3	789	1041947.959	973286.875	1597.760	3
756	1041899.786	973282.108	1591.238	1	790	1041902.147	973180.196	1583.490	3
757	1041931.103	973214.401	1586.517	2	791	1041901.364	973169.050	1582.475	2
758	1041909.791	973151.793	1581.374	1	792	1041910.190	973173.084	1583.906	3
759	1041930.270	973308.990	1592.973	3	793	1041902.862	973232.871	1587.874	3
760	1041950.030	973255.121	1598.635	2	794	1041915.261	973199.674	1586.050	1
761	1041901.907	973192.449	1584.464	3	795	1041952.685	973300.826	1596.734	3
762	1041926.305	973182.878	1584.390	2	796	1041927.989	973290.525	1592.918	2
763	1041903.024	973239.041	1588.208	3	797	1041954.226	973263.945	1597.730	1
764	1041876.506	973182.555	1578.295	3	798	1041923.921	973264.369	1590.847	3
765	1041917.455	973217.021	1587.481	1	799	1041884.268	973258.081	1589.468	1
766	1041885.390	973278.578	1593.063	3	800	1041922.369	973299.024	1593.327	2
767	1041911.216	973291.599	1592.956	2	801	1041881.777	973239.323	1587.845	3
768	1041883.130	973177.661	1578.998	2	802	1041889.724	973192.756	1585.131	3
769	1041907.406	973311.597	1593.998	1	803	1041887.276	973212.362	1585.790	1
770	1041874.501	973223.949	1585.749	3	804	1041882.521	973136.841	1575.717	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle		No.	Norte	Este	Cota	Detalle
771	1041929.229	973307.662	1593.255	3		805	1041943.465	973275.796	1592.143	3
772	1041875.462	973209.668	1583.954	3		806	1041960.381	973230.872	1597.565	3
773	1041883.873	973172.245	1577.629	3		807	1041927.179	973186.454	1584.396	2
774	1041902.693	973232.290	1587.644	1		808	1041890.707	973229.047	1587.030	2
775	1041890.675	973146.782	1580.566	2		809	1041922.608	973323.319	1593.557	2
776	1041946.491	973335.403	1594.767	2		810	1041909.600	973320.832	1593.420	2
777	1041961.326	973204.195	1598.372	1		811	1041928.507	973279.349	1591.102	3
778	1041917.091	973132.028	1579.741	2		812	1041873.405	973150.873	1575.404	1
779	1041953.500	973204.755	1592.828	1		813	1041944.952	973326.044	1594.488	1
780	1041889.458	973331.117	1594.792	1		814	1041864.421	973253.757	1588.442	3
781	1041916.431	973197.770	1585.238	1		815	1041930.808	973299.024	1592.475	3
782	1041920.335	973230.745	1587.793	2		816	1041906.003	973314.275	1593.208	1
817	1041938.514	973247.889	1589.679	2		851	1041966.885	973246.110	1598.145	3
818	1041921.340	973337.330	1594.646	3		852	1041912.499	973227.964	1588.050	3
819	1041961.086	973224.656	1597.526	2		853	1041877.306	973179.929	1578.295	1
820	1041901.077	973210.423	1585.796	2		854	1041901.968	973210.355	1585.917	2
821	1041908.965	973155.981	1582.511	2		855	1041957.522	973214.731	1597.004	3
822	1041958.638	973230.384	1596.880	1		856	1041904.982	973248.073	1589.505	3
823	1041922.652	973246.212	1589.225	3		857	1041879.643	973202.297	1582.938	1
824	1041952.962	973278.596	1597.536	3		858	1041909.825	973320.444	1593.654	2
825	1041925.100	973272.105	1591.367	3		859	1041868.866	973237.235	1587.884	1
826	1041963.429	973255.687	1599.208	2		860	1041879.099	973181.775	1579.725	1
827	1041905.370	973265.184	1590.738	3		861	1041887.845	973160.835	1580.811	3
828	1041883.206	973292.793	1596.407	3		862	1041953.638	973282.829	1597.506	3
829	1041906.101	973291.908	1592.846	1		863	1041917.829	973230.772	1588.450	2
830	1041871.441	973254.221	1588.313	2		864	1041948.862	973183.466	1590.905	2
831	1041875.673	973135.035	1574.772	3		865	1041945.594	973314.845	1593.839	2
832	1041887.038	973225.479	1587.139	2		866	1041902.754	973181.820	1583.416	2
833	1041954.637	973223.024	1595.209	2		867	1041883.902	973182.735	1579.662	1
834	1041938.601	973237.681	1589.119	2		868	1041903.601	973256.870	1589.306	2
835	1041942.575	973146.439	1587.342	1		869	1041909.261	973151.955	1581.394	3
836	1041942.399	973217.165	1587.847	2		870	1041929.720	973202.557	1585.473	3
837	1041901.488	973206.826	1585.459	3		871	1041949.775	973239.187	1596.895	3

No.	Norte	Este	Cota	Detalle		No.	Norte	Este	Cota	Detalle
838	1041901.697	973163.363	1582.026	3		872	1041933.015	973280.233	1591.547	3
839	1041904.892	973307.297	1592.744	2		873	1041918.944	973214.343	1586.634	1
840	1041947.562	973296.407	1597.599	3		874	1041918.242	973145.245	1581.070	1
841	1041931.982	973182.346	1587.265	3		875	1041930.501	973305.879	1592.821	2
842	1041941.381	973181.770	1590.416	3		876	1041948.576	973264.359	1597.718	3
843	1041856.585	973244.315	1588.481	2		877	1041904.103	973183.858	1583.646	2
844	1041924.439	973250.275	1589.184	2		878	1041891.683	973135.602	1579.583	1
845	1041910.923	973322.872	1593.583	1		879	1041902.035	973174.040	1583.009	3
846	1041937.143	973139.442	1586.353	1		880	1041923.515	973250.182	1589.457	2
847	1041924.574	973322.486	1593.580	1		881	1041916.377	973209.274	1586.856	1
848	1041961.101	973233.914	1597.574	3		882	1041884.425	973285.578	1594.658	2
849	1041918.751	973222.422	1587.583	3		883	1041904.540	973284.391	1591.566	1
850	1041910.730	973192.464	1585.401	3		884	1041882.547	973164.920	1577.587	1
885	1041912.013	973321.354	1594.361	1		919	1041884.724	973213.123	1583.236	3
886	1041872.692	973226.257	1585.929	2		920	1041890.847	973160.717	1581.891	2
887	1041925.736	973317.013	1594.177	2		921	1041942.833	973265.325	1592.299	3
888	1041877.817	973216.412	1584.653	2		922	1041936.156	973158.829	1586.742	1
889	1041890.848	973183.126	1583.747	3		923	1041928.793	973195.698	1585.148	1
890	1041902.554	973231.102	1587.552	2		924	1041902.349	973230.774	1587.323	3
891	1041889.763	973136.473	1580.154	3		925	1041920.350	973324.352	1593.590	3
892	1041946.512	973325.716	1594.449	1		926	1041908.368	973318.810	1593.326	3
893	1041853.989	973217.619	1587.608	2		927	1041930.180	973296.069	1592.250	2
894	1041919.038	973143.084	1580.699	3		928	1041876.110	973182.732	1577.018	1
895	1041951.330	973198.694	1592.180	2		929	1041944.584	973314.868	1594.049	2
896	1041927.058	973317.786	1593.340	3		930	1041862.575	973257.254	1588.630	3
897	1041927.798	973182.769	1583.782	2		931	1041930.607	973295.145	1592.234	1
898	1041938.581	973251.123	1589.705	1		932	1041899.532	973331.470	1594.553	3
899	1041978.519	973243.179	1598.517	1		933	1041940.127	973256.806	1590.430	2
900	1041899.554	973334.605	1594.745	1		934	1041916.531	973325.205	1593.744	3
901	1041904.714	973183.814	1583.759	1		935	1041968.357	973240.322	1598.040	3
902	1041923.063	973220.116	1587.089	2		936	1041891.508	973236.168	1587.574	1
903	1041890.425	973321.422	1594.137	1		937	1041901.797	973144.069	1580.719	2
904	1041904.945	973134.160	1580.865	1		938	1041959.316	973238.874	1597.398	3

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
905	1041863.611	973235.125	1587.970	2	939	1041921.135	973237.530	1588.561	1
906	1041913.331	973182.620	1584.820	2	940	1041953.304	973271.045	1597.609	1
907	1041892.234	973183.546	1583.429	2	941	1041925.929	973264.471	1590.299	3
908	1041906.380	973165.150	1583.085	2	942	1041955.706	973236.400	1596.993	2
909	1041919.229	973228.824	1588.140	3	943	1041904.513	973273.721	1590.722	2
910	1041914.232	973192.086	1585.558	1	944	1041875.518	973222.008	1585.599	2
911	1041949.669	973299.027	1596.800	3	945	1041872.017	973248.037	1588.117	3
912	1041918.082	973282.694	1592.331	1	946	1041875.370	973143.747	1575.910	1
913	1041952.947	973255.284	1598.323	2	947	1041888.918	973225.370	1587.455	1
914	1041912.458	973273.106	1591.492	2	948	1041954.955	973229.871	1596.354	1
915	1041887.093	973258.967	1589.577	1	949	1041938.599	973184.037	1587.236	2
916	1041911.509	973318.299	1594.486	2	950	1041942.380	973155.082	1588.118	3
917	1041887.619	973246.183	1588.458	2	951	1041942.567	973205.803	1587.451	1
918	1041887.611	973192.768	1583.845	2	952	1041891.270	973180.733	1583.072	2
953	1041901.291	973135.289	1579.733	2	987	1041927.961	973198.055	1585.196	1
954	1041904.307	973302.477	1592.488	3	988	1041906.880	973135.340	1579.995	1
955	1041947.877	973307.236	1597.279	2	989	1041930.694	973302.275	1592.622	1
956	1041931.974	973182.429	1587.278	2	990	1041947.771	973271.969	1597.915	3
957	1041943.672	973191.182	1591.555	2	991	1041902.155	973188.156	1584.157	3
958	1041961.448	973223.388	1597.630	2	992	1041900.901	973135.482	1579.832	3
959	1041937.303	973248.356	1589.572	3	993	1041903.254	973173.928	1583.701	1
960	1041915.483	973185.624	1584.234	1	994	1041903.395	973248.459	1588.853	1
961	1041926.170	973320.490	1593.489	3	995	1041918.259	973216.952	1586.935	1
962	1041964.121	973242.158	1597.808	3	996	1041953.046	973317.046	1595.837	2
963	1041902.043	973221.717	1586.820	1	997	1041917.556	973291.522	1592.855	3
964	1041903.228	973200.152	1585.736	1	998	1041878.794	973164.585	1577.946	1
965	1041925.996	973181.207	1584.333	1	999	1041914.132	973310.063	1594.149	2
966	1041909.984	973238.767	1588.882	2	1000	1041864.045	973219.305	1585.151	1
967	1041877.417	973179.799	1578.294	3	1001	1041929.756	973298.815	1592.680	3
968	1041909.294	973218.074	1587.203	3	1002	1041875.352	973216.209	1584.717	2
969	1041960.449	973250.204	1598.118	3	1003	1041890.022	973183.389	1584.390	2
970	1041911.434	973256.383	1590.187	1	1004	1041887.403	973202.678	1584.866	3
971	1041883.700	973202.654	1582.649	2	1005	1041889.852	973147.041	1580.968	2

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
972	1041915.624	973324.376	1593.813	1	1006	1041946.346	973316.131	1594.253	3
973	1041874.317	973231.245	1587.717	2	1007	1041962.317	973231.772	1597.601	2
974	1041879.260	973189.776	1581.237	2	1008	1041921.209	973155.274	1581.680	1
975	1041883.478	973161.583	1577.552	1	1009	1041951.490	973195.958	1591.955	3
976	1041953.370	973290.037	1597.264	1	1010	1041889.568	973317.225	1593.667	2
977	1041917.586	973229.642	1588.427	1	1011	1041918.365	973213.696	1586.536	3
978	1041950.431	973232.474	1596.180	2	1012	1041922.650	973243.262	1588.684	3
979	1041945.108	973302.527	1593.294	3	1013	1041874.081	973222.408	1585.599	2
980	1041890.893	973135.975	1579.503	2	1014	1041935.299	973311.227	1593.406	3
981	1041884.166	973192.747	1581.112	1	1015	1041904.824	973181.852	1583.759	2
982	1041929.874	973308.316	1592.894	2	1016	1041900.387	973232.030	1587.492	3
983	1041913.246	973173.623	1583.171	3	1017	1041903.648	973300.099	1592.451	2
984	1041919.939	973226.686	1587.540	2	1018	1041903.209	973134.423	1580.714	1
985	1041952.464	973240.509	1597.289	1	1019	1041858.937	973245.249	1588.154	1
986	1041899.622	973297.298	1592.311	3	1020	1041903.195	973179.867	1584.103	2
1021	1041901.425	973180.245	1583.385	1	1055	1041918.815	973272.803	1591.455	3
1022	1041912.002	973172.653	1583.965	3	1056	1041964.037	973253.264	1599.105	2
1023	1041960.592	973211.546	1597.259	2	1057	1041904.422	973265.274	1590.129	1
1024	1041917.696	973246.865	1589.722	2	1058	1041884.067	973228.013	1586.398	3
1025	1041952.624	973293.136	1597.050	2	1059	1041925.090	973320.617	1593.616	1
1026	1041929.264	973290.371	1592.065	3	1060	1041864.990	973254.655	1588.420	1
1027	1041955.753	973258.400	1598.324	2	1061	1041876.433	973150.073	1576.815	3
1028	1041916.911	973264.948	1590.838	1	1062	1041889.584	973226.409	1587.013	2
1029	1041883.777	973266.504	1590.886	2	1063	1041961.396	973255.988	1598.858	3
1030	1041915.610	973299.471	1593.387	3	1064	1041937.464	973174.249	1587.117	3
1031	1041881.275	973245.813	1588.354	1	1065	1041942.624	973163.035	1588.792	2
1032	1041884.385	973192.908	1580.466	3	1066	1041948.074	973178.991	1590.128	1
1033	1041884.813	973221.273	1585.323	3	1067	1041901.753	973188.241	1584.012	2
1034	1041889.977	973160.695	1582.125	3	1068	1041881.247	973135.172	1574.635	2
1035	1041943.509	973256.743	1591.103	1	1069	1041904.088	973300.117	1592.357	2
1036	1041937.100	973148.432	1586.590	1	1070	1041947.804	973316.124	1596.652	1
1037	1041930.501	973204.811	1585.852	1	1071	1041932.588	973193.050	1587.010	3
1038	1041890.873	973213.503	1585.710	1	1072	1041946.034	973199.892	1592.422	1

No.	Norte	Este	Cota	Detalle	No.	Norte	Este	Cota	Detalle
1039	1041890.029	973279.916	1590.700	3	1090	1041879.225	973198.711	1582.544	3
1040	1041907.364	973316.594	1593.232	1	1091	1041890.663	973171.051	1582.797	2
1041	1041930.320	973299.467	1592.466	1	1092	1041953.515	973297.717	1597.006	3
1042	1041927.883	973132.768	1586.102	2	1093	1041919.942	973229.415	1587.942	1
1043	1041934.916	973221.503	1587.853	2	1094	1041950.725	973192.761	1591.773	2
1044	1041861.279	973233.887	1587.959	2	1095	1041963.388	973256.329	1599.329	3
1045	1041930.023	973288.768	1591.824	1	1096	1041901.838	973180.130	1583.330	2
1046	1041907.506	973317.969	1593.384	3	1097	1041884.423	973203.292	1582.615	3
1047	1041941.409	973265.126	1591.019	2	1098	1041929.462	973310.863	1593.053	1
1048	1041927.999	973335.081	1594.545	3	1099	1041923.032	973166.714	1582.480	2
1049	1041962.458	973228.090	1597.545	1	1100	1041932.525	973217.776	1586.734	3
1050	1041901.617	973226.804	1587.110	1	1101	1041952.334	973244.310	1596.622	3
1051	1041906.235	973156.225	1582.345	2	1102	1041934.001	973290.360	1592.198	3
1052	1041988.011	973253.310	1599.384	2	1103	1041917.197	973200.108	1585.479	3
1053	1041919.711	973227.760	1587.836	1	1104	1041916.126	973133.028	1579.680	1
1054	1041950.542	973267.270	1597.639	2	1105	1041890.952	973279.898	1590.854	1
1073	1041972.063	973246.202	1598.294	2	1106	1041906.625	973143.482	1581.663	2
1074	1041921.777	973236.058	1588.220	1	1107	1041948.431	973306.386	1597.386	3
1075	1041914.743	973179.682	1583.725	2	1108	1041906.012	973183.787	1584.413	2
1076	1041927.599	973317.780	1593.380	3	1109	1041891.912	973152.314	1580.915	1
1077	1041873.164	973150.735	1576.363	2	1110	1041911.468	973165.186	1582.674	3
1078	1041918.041	973213.576	1586.696	2	1111	1041922.344	973242.590	1588.876	1
1079	1041906.300	973192.535	1585.204	2	1112	1041917.506	973209.158	1586.306	3
1080	1041926.180	973181.509	1584.348	3	1113	1041950.330	973316.403	1595.711	2
1081	1041907.952	973227.752	1587.934	1	1114	1041905.962	973284.286	1592.259	3
1082	1041877.125	973181.289	1578.313	1	1115	1041878.166	973150.240	1576.778	3
1083	1041903.055	973210.304	1586.454	3	1116	1041915.261	973323.023	1594.520	1
1084	1041963.625	973249.031	1598.037	1	1117	1041867.084	973218.193	1585.136	2
1085	1041912.018	973247.741	1589.594	3	1118	1041921.199	973317.567	1594.398	3
1086	1041883.505	973191.225	1580.910	2	1119	1041877.772	973222.539	1585.444	2
1087	1041907.740	973316.499	1593.456	1	1120	1041844.396	973238.398	1588.600	1
1088	1041880.492	973135.188	1574.736	2					
1089	1041923.121	973320.768	1594.280	3					

- 2. Plano de levantamiento topográfico**
- 3. CD con Tabla Periodos y frecuencias para 10 modos de vibración (completa)**
- 4. CD con tabla de cálculos de elementos en guadua según NSR10 (Completo)**