



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

**DISEÑO ESTRUCTURAL PRELIMINAR DEL PUENTE PEATONAL SOBRE EL RIO
GUACHICONO PARA LAS VEREDAS, EL CHARCO Y EL GUASIMO
MUNICIPIOS DE BOLIVAR Y PATIA,
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**PROYECTO FINAL TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD TRABAJO SOCIAL,
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

DANNY HARVEY GIRON GOMEZ
CODIGO: 100412020600

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INGENIERIA CIVIL
POPAYAN
SEMESTRE II 2019



**DISEÑO ESTRUCTURAL PRELIMINAR DE UN PUENTE PEATONAL SOBRE EL
RIO GUACHICONO PARA LAS VEREDAS, EL CHARCO Y EL GUASIMO
MUNICIPIOS DE BOLIVAR Y PATIA,
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



**PROYECTO FINAL TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD TRABAJO SOCIAL,
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

**DANNY HARVEY GIRON GOMEZ
CODIGO: 100412020600**

DIRECTOR: ING. JOSE DARIO BRAVO EGUIZABAL

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
INGENIERIA CIVIL
POPAYAN
SEMESTRE II 2019**



NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO 1

JURADO 2



DEDICADO A:

Mi difunto padre **FREDY ARMANDO GIRÓN BURBANO**, mi amada madre **DERLY MILENA GOMEZ BURBANO**, mi hermana **LIZETH PATRICIA GIRÓN GÓMEZ**.



FREDY ARMANDO GIRÓN BURBANO 21/07/1975- 07/04/2002



AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a Dios, a mi **Madre** por su incansable sacrificio, amor, ternura y comprensión, a mi familia por brindarme en todo momento su espaldarazo en especial a **Miller Gómez Burbano** y **Fabio Andrés Girón Burbano**, a mis maestros a mis amigos en especial la **Dra. Leidy Giovana Obando Daza** quien ha sido mi gran apoyo desde la pérdida de mi padre. y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a que este logro fuera posible.
- A las comunidades de las veredas El Charco y El Guásimo, quienes participaron activamente en el trabajo de campo, dando su voto de confianza en mí.
- Un especial agradecimiento a los amigos que colaboraron con sus aportes y ayuda a la elaboración del presente trabajo:

Ing. William Darío Hincapié

Ing. Jenny Alexandra Claros

Christian Felipe Báez Bastidas

- A mi director de proyecto, quien me brindo la orientación a lo largo del desarrollo del trabajo.

Ing. JOSE DARIO BRAVO EGUIZABAL



INDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	ANTECEDENTES	2
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
4.	JUSTIFICACION	11
5.	OBJETIVOS	13
5.1.	Objetivo general:	13
5.2.	Objetivos específicos:	13
6.	ESTADO DEL ARTE	14
7.	DISEÑOS PROPUESTOS	19
7.1.	Propuesta 1	19
7.2.	Propuesta 2	19
8.	METODOLOGIA	20
8.1.	Etapa I: exploración y ubicación de la zona de implantación de puente	20
8.2.	Etapa II: Estudios previos y diseños preliminares de la súper estructura	21
9.	ESTUDIO DE TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA:	22
9.1.	GENERALIDADES.	22
9.2.	OBJETIVO.	22
9.3.	ALCANCES	22
9.4.	DESCRIPCION DEL TERRENO	23
9.5.	METODOLOGIA PARA LA EJECUCION DE DE LOS TRABAJOS TOPOGRAFICOS	23
9.5.1.	Personal y Equipos utilizados	23
9.5.2.	Descripción equipos de campo	24
9.5.3.	Toma de topografía.	25
9.5.4.	Grado de Precisión	27
9.5.5.	Errores lineales angulares y de nivelación	27
9.5.6.	Procesamiento de Datos	27



9.5.7. Registro Fotográfico	29
9.5.8. Toma de topografía con dron	31
9.5.9. Toma de topografía con dron post proceso	32
10. ESTUDIO HIDROLÓGICO	38
10.1. GENERALIDADES	38
10.2. OBJETIVO	38
10.3. ALCANCES	38
10.4. METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE LA NAME	38
10.5. TOMA DE NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EXTRAORDINARIAS (NAME)	39
11. ESTUDIO HIDRÁULICO:	45
11.1. GENERALIDADES	45
11.2. OBJETIVO	45
11.3. ALCANCES	45
11.4. METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE SOCAVACION	45
12. ESTUDIO DE SUELOS:	47
12.1. GENERALIDADES	47
12.2. OBJETIVO	47
12.3. ALCANCES	47
12.4. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE SUELOS	47
13. DISEÑO ESTRUCTURAL:	51
13.1. GENERALIDADES	51
13.2. OBJETIVO	51
13.3. ALCANCES	51
13.4. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	51
13.5. DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN SAP 2000	140
13.5.1. DEFINICION Y APLICACIÓN DE CARGAS	146
13.5.2. DISEÑO ELEMENTOS EN ACERO	149



13.5.3.	MEMORIAS DE CALCULO ELEMENTOS EN ACERO SAP 2000. ...	153
13.5.4.	DISEÑO ESTRUCTURAS EN CONCRETO.	161
13.5.5.	MEMORIAS DE CALCULO ELEMENTOS EN CONCRETO, SAP 2000 Y ARQUIMET 2.0.....	162
13.6.	DISEÑO DE PUENTE ESTRUCTURA METALICA EN SAP 2000	165
13.6.1.	DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE CARGAS	166
13.7.	DISEÑO RAMPA DE ACCESO	169
13.7.1.	DEFINICION Y APLICACIÓN DE CARGAS	169
13.7.2.	DISEÑO ELEMENTOS DE ACERO.....	170
13.7.3.	MEMORIAS DE CALCULO ELEMENTOS EN ACERO SAP 2000. ...	172
14.	PRESUPUESTO PRELIMINAR GENERAL:	175
15.	CONCLUSIONES.	184
16.	OBSERVACIONES.	185
17.	RECOMENDACIONES.	186
18.	BIBLIOGRAFÍA	187



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Torres de apoyo y cámara de anclaje en uno de los lados del puente, construida en el año 1997. Fuente: Propia.	3
Ilustración 2: Ubicación general del puente. Fuente: Google Earth	4
Ilustración 3. Paso de cargas por el río, a 200 metros aproximado aguas arriba del puente actual. Fuente: Propia.	6
Ilustración 4. Personas pasando un enfermo por el puente. Fuente: Propia.....	7
Ilustración 5. Personas haciendo uso común del puente. Fuente: Propia.....	7
Ilustración 6. Personas pasando con niños por el puente cuando el río está en creciente. Fuente: Propia.	8
Ilustración 7. Tablero deteriorado hecho en guadua. Fuente: Propia.....	9
Ilustración 8. Alambres que se enredan en las cargas que se transportan por el puente. Fuente: Propia.....	10
Ilustración 9. Caminos que conllevan al puente. Fuente: Propia.....	11
Ilustración 10. Cable principal del puente actual. Fuente: Propia.....	14
Ilustración 11. Tablero hecho en guadua. Fuente: Propia.....	15
Ilustración 12. Alambres que sirven como tensores. Fuente: Propia.	15
Ilustración 13. Travesaños de madera “Guayacan- Carbonero”. Fuente: Propia.	16
Ilustración 14. Anclajes de maderos “Matarraton – Cañafistol”. Fuente: Propia.....	16
Ilustración 15. Escalera y rampa, para accesos al puente. Fuente: Propia.....	17



Ilustración 16. En época de verano, río en estiaje, gálibo de 2.5 metros aproximadamente. Fuente: Propia.....	18
Ilustración 17. En época de invierno, río en aumento, crestas de olas pasando por encima del tablero del puente, gálibo 0.0 metros, vs época de verano río con galibo de 2.5 metros. Fuente: Propia.....	18
Ilustración 18. Usuario afectado por el riesgo que representa cruzar el puente cuando el río está en aumento. Fuente: Propia.....	18
Ilustración 19. Ruta de acceso al puente por el cual llega vehículo tipo automóvil. Fuente: Propia.....	20
Ilustración 20. Ruta de acceso al puente, a pie o a caballo. Fuente: Propia.....	21
Ilustración 21. Toma de puntos representativos en terreno seco. Fuente: Propia.....	29
Ilustración 22. Ubicación de estacas en puntos de control. Fuente: Propia.....	30
Ilustración 23: toma de puntos representativos del lecho del río. Fuente: Propia.....	30
Ilustración 24: Drone Phantom 3 PRO. Fuente: Propia.....	31
Ilustración 25: fotografía con dron. Fuente: Propia.....	31
Ilustración 26: Orientar fotos, Software PIX 4D. Fuente: Propia.....	32
Ilustración 27: Crear nube de puntos densa, Software PIX 4D. Fuente: Propia.....	32
Ilustración 28: Crear malla 3D con textura, Software PIX 4D. Fuente: Propia.....	33
Ilustración 29: Crear poli líneas sobre el terreno, Software PIX 4D. Fuente: Propia.....	33
Ilustración 30. Orto foto y nube de puntos, exportados a Google Earth. Fuente: Propia.....	34



Ilustración 31: Nube de puntos cargada en el Software TOPO 3. Fuente: Propia.	34
Ilustración 32: Triangulación formada por el Software TOPO 3. Fuente: Propia.....	35
Ilustración 33: Curvas de nivel generadas por el Software TOPO 3. Fuente: Propia	35
Ilustración 34: Curvas de nivel, y sentido de flujo, Software AutoCAD. Fuente: Propia.	36
Ilustración 35: Orto foto con curvas de nivel, Software AutoCAD. Fuente: Propia.	36
Ilustración 36: Sección transversal del eje el puente, Software AutoCAD. Fuente: Propia.....	37
Ilustración 37: Topografía 3D generada por el Software REVIT 2019. Fuente: Propia.	37
Ilustración 38: Estación 52027030 PTE FIERRO. Fuente: IDEAM	39
Ilustración 39: Distancia entre la estación y el Pte a diseñar. Fuente: Google Earth .	39
Ilustración 40: Determinación de la NAME, por proyección Software AutoCAD. Fuente: Propia.....	40
Ilustración 41. Gálibos mínimos recomendados. Fuente: Manual de drenaje.....	40
Ilustración 42: Distancia entre Estación 52027010 y Río Mazamorras. Fuente: Google Earth.	43
Ilustración 43: Distancia entre estación 52027010 y Pte El Charco. Fuente: Google Earth.	44



Ilustración 44: Estribo lado derecho Aguas abajo, Estribo lado Izquierdo, aguas abajo. Fuente: Propia.....	46
Ilustración 45. Estribos retirados de la margen del río. Fuente: Propia.....	46
Ilustración 46: Apique 1 lado Derecho aguas abajo. Fuente: Propia.....	48
Ilustración 47: Apique 2 lado Izquierdo aguas abajo. Fuente: Propia.	48
Ilustración 48: Estratigrafía Apique 1 y 2. Fuente: Propia	49
Ilustración 49. Puente colgante modelado en SAP 2000.Fuente: propia	140
Ilustración 50. Valor PGA. Fuente: CCP-14, sección 3.	141
Ilustración 51. Valor SS. Fuente: CCP-14, Sección 3.	142
Ilustración 52. Valor S1. Fuente: CCP-14, Sección 3.....	143
Ilustración 53. Espectro de Aceleración para un suelo tipo D. Fuente: Propia.....	145
Ilustración 54. Definición de tipos de cargas para diseño. Fuente: Propia.....	146
Ilustración 55. Definición de combinaciones de carga para diseño. Fuente: Propia.	146
Ilustración 56. Aplicación de carga viva. Fuente: Propia.....	147
Ilustración 57. Aplicación carga muerta. Fuente: Propia.....	147
Ilustración 58. Aplicación carga de viento. Fuente: Propia.....	148
Ilustración 59. Periodo de la superestructura puente colgante. $T=0.33s$ $f=2.98s^{-1}$. Fuente: Propia.....	148
Ilustración 60. Diseño cable principal 1 7/8". Fuente: Propia.	149
Ilustración 61. Diseño de pendolón 1/2". Fuente: Propia.	149
Ilustración 62. Diseño de soporte baranda. Fuente: Propia.	150



Ilustración 63. Diseño rigidizador baranda. Fuente: Propia.....	150
Ilustración 64. Diseño soporte vertical de baranda. Fuente: Propia.	151
Ilustración 65. Diseño traviesa. Fuente: Propia.....	151
Ilustración 66. Diseño rigidizador longitudinal. Fuente: Propia.....	152
Ilustración 67. Diseño rigidizador transversal tablero. Fuente: Propia.	152
Ilustración 68. Diseño de la columna. Fuente: Propia.	161
Ilustración 69. Diseño de losa de tablero $e= 0.10m$. Fuente: Propia.....	161
Ilustración 70. Diseño de puente en estructura metálica. Fuente: Propia.	165
Ilustración 71. Espectro de Aceleración para un suelo tipo D. Fuente: Propia.....	165
Ilustración 72. Definición de tipos de cargas para diseño. Fuente: Propia.....	166
Ilustración 73. Definición de combinaciones de carga para diseño. Fuente: Propia.	166
Ilustración 74. Aplicación de carga viva. Fuente: Propia.....	167
Ilustración 75. Aplicación carga muerta. Fuente: Propia.....	167
Ilustración 76. Periodo de la superestructura puente en estructura metálica. $T=0.53$ $f=1.86$. Fuente: Propia.....	168
Ilustración 77. Diseño en SAP 2000 de puente en estructura metálica. Fuente: Propia	168
Ilustración 78. Rampa de acceso al puente. Fuente: Propia.....	169
Ilustración 79. Aplicación de carga muerta. Fuente: Propia.	169
Ilustración 80. Aplicación de carga viva. Fuente: Propia.....	170
Ilustración 81. Diseño viga longitudinal. Fuente: Propia.....	170



Ilustración 82. Diseño Rigidizador transversal. Fuente: Propia.....	171
Ilustración 83. Soporte vertical. Fuente: Propia.....	171



LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Equipo utilizado.....	23
Tabla 2. Lista de Codigos	28
Tabla 3. Coordenadas del primer punto ESTACION 1. Fuente: Propia.	29
Tabla 4: Caudales Máximos en el río Guachicono. Fuente: IDEAM	41
Tabla 5: Caudales máximos método de Manning. Fuente: Propia.....	42
Tabla 6: Caudales máximos, método lluvia escorrentía. Fuente: Torres Sanchez Juan Sebastian 2013	44
Tabla 7. Datos estimados de los suelos. Fuente: Estimación preliminar de las propiedades del suelos.	49
Tabla 8. Combinaciones y Factores de carga. Fuente: Norma colombiana de diseño de puentes CCP-14.....	52
Tabla 9. Valores característicos de los suelos. Fuente: Estimación preliminar de las propiedades del suelo	73
Tabla 10. Valores de coeficientes de fricción. Fuente: CCP-14, Sección 3.	73
Tabla 11. Valor Fpga. Fuente: CCP-14, Sección 3.	144
Tabla 12. Valor Fa. Fuente: CCP-14, Sección 3.	144
Tabla 13. Valor Fv. Fuente: CCP-14. Sección 3.	145
Tabla 14. Memoria de cálculo cable principal 1 7/8". Fuente: Propia.....	153
Tabla 15. Memoria de cálculo pendolón 1/2". Fuente: Propia.....	154
Tabla 16. Memoria de cálculo pasa manos baranda. Fuente: Propia	155
Tabla 17. Memoria de cálculo rigidizador baranda. Fuente: Propia.	156



Tabla 18. Memoria de cálculo soporte vertical baranda. Fuente: Propia.	157
Tabla 19. Memoria de cálculo traviesa. Fuente: Propia.	158
Tabla 20. Memoria de cálculo rigidizador transversal tablero. Fuente: Propia.	159
Tabla 21. Memoria de cálculo rigidizador longitudinal tablero. Fuente: Propia.	160
Tabla 22. Memoria de cálculo columna de 70X55 cm. Fuente: Propia.	162
Tabla 23. Memoria de cálculo losa $e= 0.10\text{m}$. Fuente: Propia.	163
Tabla 24. Memoria de cálculo losa tablero $e= 0.10\text{m}$. Fuente: Propia.	164
Tabla 25. Memoria de cálculo viga principal longitudinal. Fuente: Propia.	172
Tabla 26. Memoria de cálculo rigidizador transversal. Fuente: Propia.	173
Tabla 27. Memoria de cálculo soporte vertical. Fuente: Propia.	174



1. INTRODUCCION

En las veredas, El Guasimo y El Charco; ubicadas en los límites de los municipios de Patía y Bolívar, Departamento del Cauca, se encuentra un puente “colgante” de diseño artesanal, construido con materiales que brinda la región, el cual representa un alto riesgo a la integridad física para quienes hacen uso de este, ya que dichos materiales y la tipología del mismo no son aptos para brindar un paso seguro.

Para poder presentar una propuesta estructural que responda a la necesidad en el sector, se darán a conocer cuáles son los estudios previos que se deben realizar para el diseño estructural del puente y como ejecutarlos, cumpliendo con lo reglamentado en la norma colombiana de diseño de puentes CCP-14.

El diseño estructural podrá soportar cargas vivas provenientes de animales como lo son caballos de carga y ganado que transmiten unas sollicitaciones superiores a las previstas por un puente peatonal común. El método de diseño se define por los parámetros: estado límite de Servicio, estado límite de Resistencia, estado límite de evento extremo, expuestos en la CCP-14 antes nombrada.

Para diseñar el puente, se acogerá un valor estimado de la resistencia del suelo, debido a la falta de recursos que impiden un buen estudio de suelos, como lo solicita la norma CCP-14.



2. ANTECEDENTES

El puente artesanal fue construido en la década de los años 1970 a 1980 por personas de la comunidad en cabeza del señor Silvio Ángel Burbano Gómez, aquellas personas no tenían ninguna orientación técnico-profesional para desarrollar un proyecto que obedezca las normas de diseño y construcción de la época.

El puente debe ser reconstruido año tras año con materiales “madera y guadua” que se encuentran en la región, debido al desgaste rápido que estos presentan por falta de tratamientos para su conservación. La reconstrucción es dirigida por la misma persona que fue promotora para su construcción inicial, seguido de colaboradores pertenecientes a la comunidad, sin tener conocimiento y elementos que garanticen la seguridad de trabajos en alturas.

En el año 1997 se inicia una obra la cual se esperaba diera una solución definitiva al problema, esta consistía en hacer un puente colgante, con torres, cámaras de anclaje y cimentaciones en concreto armado; pero según relatos de las personas que estuvieron presentes en la construcción, esta estructura tampoco tenía ningún diseño estructural dado por un profesional de la construcción en este caso un ingeniero civil, incumpliendo desde un inicio con lo solicitado en las normas de diseño de esa época.

Los recursos no fueron suficientes para culminar el proyecto, dejando en la zona sólo las torres de apoyo en ambos extremos del río y una sola cámara de anclaje en uno de los lados. **(Ver, Ilustración 1).**



Ilustración 1. Torres de apoyo y cámara de anclaje en uno de los lados del puente, construida en el año 1997. Fuente: Propia.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El puente artesanal se encuentra sobre el río Guachicono en el Departamento del Cauca, entre los municipios de **Patía** y **Bolívar**, específicamente en las veredas de **El Guásimo** y **El Charco**, (ver, **Ilustración 2**); este puente no cumple con las condiciones mínimas de seguridad, sin embargo, las personas de la región se ven obligadas a transitar por él, para ir a sus lugares de destino; siendo niños, adultos mayores y algunas personas con problemas médicos, la población más vulnerable.

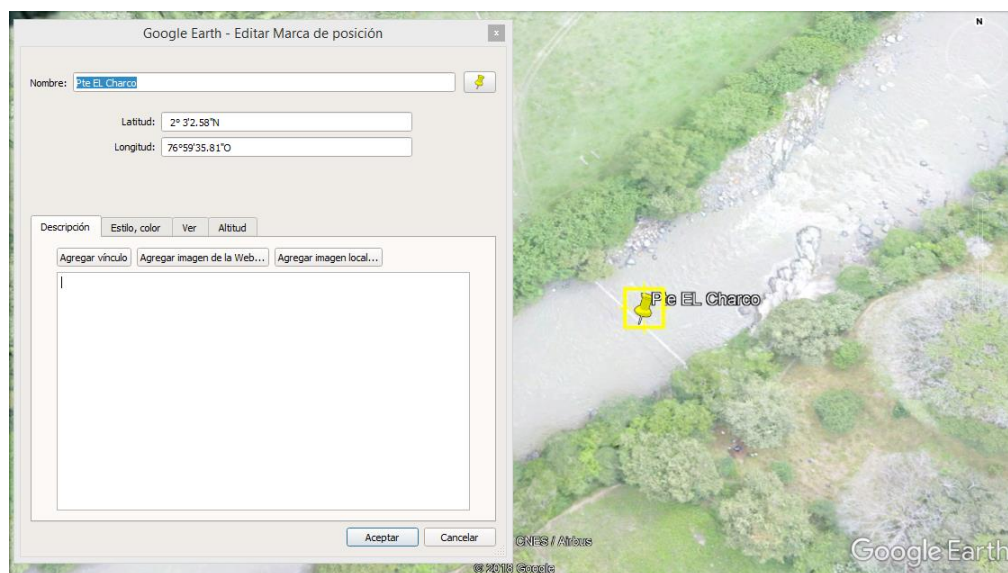


Ilustración 2: Ubicación general del puente. Fuente: Google Earth



Dentro de la población más vulnerable con problemas médicos se encuentran como caso particular; dos personas con Epilepsia. Mayo Clinic dice que: *“La epilepsia se produce a causa de la actividad anormal del cerebro, las convulsiones pueden afectar cualquier proceso que este coordine. Algunos de los signos y síntomas de convulsiones son:*

- *Confusión temporal.*
- *Episodios de ausencias.*
- *Movimientos espasmódicos incontrolables de brazos y piernas.*
- *Pérdida del conocimiento o conciencia.*
- *Síntomas psíquicos, como miedo, ansiedad o déjà vu.” (MayoClinic)*

Y como el puente no cuenta con barandas u otros elementos de seguridad. Si estas personas llegaran a presentar una crisis convulsiva cuando estén transitando por él, pueden sufrir graves daños en su integridad e incluso encontrar la muerte al caer desde una altura que supera los 2.00 metros. Otras personas “adultos mayores” se encuentran postrados en una cama, y para ser llevados desde su casa hasta el lugar donde pueden abordar un vehículo, deben ser transportados en hamacas u otro utensilio de carga que se improvisa como camilla, pasando de esa manera sobre el puente arriesgando aún más sus vidas. **(Ver, Ilustración 4).**



Ilustración 3. Paso de cargas por el río, a 200 metros aproximado aguas arriba del puente actual. Fuente: Propia.

En época de invierno, el río aumenta su caudal y velocidad, lo cual impide el paso de animales de carga por el agua a 200 metros aguas arriba del puente (**ver, Ilustración 3**), dando lugar a una afectación mayor que se presenta principalmente en días de mercado “**miércoles-sábados**” dado que los residentes de la zona se ven forzados a descargar sus mercancías o remeza a un lado del puente y trasladar la carga hasta el otro lado, a hombro, aferrándose con una sola mano al cable de apoyo principal que actualmente posee, incrementando de esta manera el riesgo de caída o cualquier otro incidente que se pueda presentar. (**Ver, Ilustración 5 y 6**).



Ilustración 4. Personas pasando un enfermo por el puente. Fuente: Propia.



Ilustración 5. Personas haciendo uso común del puente. Fuente: Propia.



Ilustración 6. Personas pasando con niños por el puente cuando el río está en creciento. Fuente: Propia.

Cada año el río en sus crecientes destruye el tablero del puente, razón por la cual la comunidad se reúne para construirlo nuevamente, sin tener una formación **Técnica** o **Profesional** para asumir de manera adecuada este tipo de obras, poniendo en riesgo muchas vidas al realizar esa labor, pues esta se hace sin utilizar las medidas de seguridad

adecuadas para trabajar en alturas las cuales son **certificado de trabajo en alturas y su implementación necesaria.**

Afortunadamente, hasta la fecha actual, en este puente no se han presentado víctimas mortales, aunque en varias oportunidades las guaduas que allí se encuentran sirviendo como tablero, se han quebrado cuando las personas transitan sobre ellas, ocasionando lesiones en diferentes partes del cuerpo, bien sea por la cortadura que generan las astillas de guadua o de los alambres que sirven como pendolones o también por la inevitable caída al río. **(Ver, Ilustración 7).**



Ilustración 7. Tablero deteriorado hecho en guadua. Fuente: Propia.

En algunos casos la carga o cualquier otro elemento transportado por este paso se ha enredado en los cables principales del puente causando que caigan al agua, o por no dejarlas caer las personas terminan lastimándose las manos, causándose heridas con las puntas de los alambres que sobre salen del puente. **(Ver, Ilustración 8).**



Ilustración 8. Alambres que se enredan en las cargas que se transportan por el puente. Fuente: Propia.

En varias ocasiones cuando el puente ha estado en malas condiciones no se han podido pasar enfermos por ahí, obligando a rodear el río Mazamorras, dicho cambio de rumbo hace que se incremente el tiempo hasta en 40 minutos aproximadamente, para llegar a un sitio desde donde un vehículo puede transportar a los afectados. Se debe tener en cuenta que cualquier segundo que pase es vital para la salud de una persona.

4. JUSTIFICACION

Los puentes son estructuras diseñadas con la finalidad de salvar obstáculos, especialmente pasos sobre ríos y quebradas permitiendo la intercomunicación entre sectores dando lugar al libre y adecuado tránsito sobre él. Mejorando así las oportunidades de desarrollo de la región.

En este caso en particular el paso por el puente beneficiará a un aproximado de 40 familias de la vereda El charco y El Guácimo, municipios de Bolívar y Patía respectivamente, pues en este sitio se encuentra un cruce de caminos que lleva más de 50 años de uso. **(Ver, Ilustración 9).**



Ilustración 9. Caminos que conllevan al puente. Fuente: Propia.

Aunque el puente se encuentre en uso, es un riesgo para las comunidades que tienen la necesidad de pasar 2 o más veces al día hacia sus lugares de trabajo por parte de personas mayores de edad o a sus lugares de estudios por parte de la comunidad estudiantil.



Por lo anterior se observa la existencia de una necesidad que una vez saneada genere bienestar en la comunidad, ya que disminuye el riesgo de víctimas humanas, animales y pérdidas de cargas.

Con el firme propósito de brindar solución al problema mencionado, se pretende diseñar un puente que cumpla con lo reglamentado en: norma colombiana de diseño de puentes “CCP-14”, garantizando un tránsito adecuado para las personas y sus animales.



5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general:

Diseñar un puente para tránsito peatonal y caballar. Sobre el río Guachicono entre las veredas EL Charco y El Guasimo municipios de Bolívar y Patía, respectivamente.

5.2. Objetivos específicos:

1. Hacer levantamiento topográfico de la zona de implantación.
2. Hacer un levantamiento batimétrico sobre la zona de implantación.
3. Determinar el NAME, Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias.
4. Determinar si se puede presentar socavación en la cimentación.
5. Definir sección transversal del puente.
6. Diseñar elementos estructurales del puente (al menos para 2 tipologías).
7. Proponer al menos 2 soluciones de cimentación.
8. Elaborar planos estructurales del puente, en etapa preliminar.
9. Elaborar al menos 2 presupuestos en etapa preliminar para el puente.

6. ESTADO DEL ARTE

La solución del puente existente, está constituida por:

Cables principales:

Cables de acero de media pulgada de diámetro, los cuales han sido reparados de manera artesanal en varias ocasiones debido a su deterioro natural. **(Ver, Ilustración 10).**



Ilustración 10. Cable principal del puente actual. Fuente: Propia.

Tablero:

Hecho de guadua, la cual se degrada rápidamente pues no tiene ningún tipo de tratamiento previo o posterior de ser puesta en obra (**ver, Ilustración 11**).



Ilustración 11. Tablero hecho en guadua. Fuente: Propia.

Tensores:

Alambres de acero de 4 milímetros de diámetro, distribuidos de manera no uniforme lo cual no permite una buena distribución de carga (**ver, Ilustración 12**).



Ilustración 12. Alambres que sirven como tensores. Fuente: Propia.

Travesaños:

Maderos que se encuentra en la región conocidos popularmente como “Guayacán-Carbonero”. Esta madera tampoco tiene ningún tipo de tratamiento antes de la obra, por lo que también sufre desgaste acelerado debido a la acción directa del sol, agua y otros agentes agresivos. (Ver, Ilustración 13).



Ilustración 13. Travesaños de madera “Guayacán- Carbonero”. Fuente: Propia.

Cámaras de anclaje:

Maderos enterrados, sin ningún tratamiento de preservación, haciendo contacto directo con el suelo, a los cuales llegan y se amarran los cables principales, (ver, Ilustración 14).



Ilustración 14. Anclajes de maderos “Matarraton – Cañafistol”. Fuente: Propia.

Zonas de acceso:

Aguas abajo, del lado derecho del puente, la zona de acceso se hace por medio de una escalera hecha en guadua y travesaños de madera amarrados con alambre negro, calibre 18 y del lado izquierdo, se hace por medio de una rampa hecha también en guadua (**ver, Ilustración 15**).



Ilustración 15. Escalera y rampa, para accesos al puente. Fuente: Propia.

Otras consideraciones del puente:

Gálibo:

En época de verano el tablero queda con un gálibo de 2.5m aproximadamente (**ver, Ilustración 16**) y para época de invierno las crestas de las olas alcanzan el tablero, generando daños que impiden el paso debido al alto riesgo que conlleva realizar la acción (**ver, Ilustración 17 y 18**).



Ilustración 16. En época de verano, río en estiaje, gálibo de 2.5 metros aproximadamente. Fuente: Propia.



Ilustración 17. En época de invierno, río en aumento, crestas de olas pasando por encima del tablero del puente, gálibo 0.0 metros, vs época de verano río con galibo de 2.5 metros. Fuente: Propia.



Ilustración 18. Usuario afectado por el riesgo que representa cruzar el puente cuando el río está en aumento. Fuente: Propia.



7. DISEÑOS PROPUESTOS

7.1. Propuesta 1.

Puente colgante de sección transversal 2.50 metros de ancho, tablero en concreto, soportado por 2 cables principales.

7.2. Propuesta 2.

Puente en cercha metálica con 2.50 metros de ancho, tablero en concreto

8. METODOLOGIA

El proyecto se desarrollará en tres etapas:

- 8.1. **Etapa I:** Ubicación y exploración de la zona de implantación de puente.
- 8.2. **Etapa II:** Estudios previos y diseños preliminares de la súper estructura.
- 8.3. **Etapa III:** Resultados finales y presupuesto.

8.1. Etapa I: exploración y ubicación de la zona de implantación de puente.

El puente se encuentra ubicado sobre el río Guachicono, en los límites de las veredas El Charco y El Guasimo, en los municipios de Bolívar y Patía, Departamento del Cauca (**ver, Ilustración 2**). A 20 minutos de la cabecera municipal de Patía “El Bordo” y a 1 Hora de la cabecera municipal de Bolívar.

Para llegar al puente existen varios caminos con pendientes bajas, uno de los cuales permite el acceso vehicular hasta el sitio, (**ver, Ilustración 19 y 20**) dando en ese sitio, la ubicación ideal para su construcción.



Ilustración 19. Ruta de acceso al puente por el cual llega vehículo tipo automóvil. Fuente: Propia.



Ilustración 20. Ruta de acceso al puente, a pie o a caballo. Fuente: Propia

8.2. Etapa II: Estudios previos y diseños preliminares de la súper estructura.

Para poder hacer el diseño estructural de puente solicitado se necesitan algunos estudios previos estos son:



9. ESTUDIO DE TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA:

9.1. GENERALIDADES.

Con el levantamiento topográfico se determinaron las coordenadas y los niveles para los diferentes puntos que definen la configuración del proyecto. Tales como cuerpos de agua, accidentes topográficos, linderos, paramentos de tal manera que a través del software TOPO 3 se realizó la interpretación y elaboración de planos topográficos usados por otras especialidades en el desarrollo del proyecto. Como sistema de coordenadas a utilizar para el posicionamiento del proyecto se utilizó el sistema de referencia MAGNA – SIRGAS.

9.2. OBJETIVO.

Realizar la topografía general de todo el sector donde se ejecutará el proyecto, la cual se obtendrá mediante levantamiento altoplanimétrico con estación total, utilizando como vértices principales el punto de amarre localizado con GPS, creando tantos vértices sea necesario para poder obtener todos los detalles del terreno de igual forma se utiliza topografía complementaria tomada con drone de donde se extraen puntos de topografía para generar un mejor detalle en el levantamiento topográfico.

9.3. ALCANCES.

- Ubicar puntos de control para el desarrollo de actividades topográficas, utilizando GPS de alta precisión.
- Traslado y la transformación de coordenadas utilizando de la aplicación MAGNA 3 PRO.
- Realizar levantamiento del terreno con equipo de alta precisión y crear digitalmente la superficie del terreno con la radiación que se realiza en campo.
- Modelar con ortofotogrametría la topografía para mejor verificación de lo existente en campo.



- Amarrar la topografía levantada con estación total a la nube de puntos generada por la toma de topografía con dron a partir de puntos de control en piso y así generar una topografía complementaria para materializar taludes con mejor precisión.

9.4. DESCRIPCION DEL TERRENO

Con pendientes suaves en el transcurso del proyecto.

Tipo de terreno ondulado.

Se encuentra mucha vegetación a los lados del proyecto.

9.5. METODOLOGIA PARA LA EJECUCION DE DE LOS TRABAJOS TOPOGRAFICOS

9.5.1. Personal y Equipos utilizados.

Este grupo estará representado en la parte técnica por:



1. Topógrafo (estudiante a cargo del proyecto)
1. Cadenero 1
1. Obrero

El Material, Equipos de Trabajo y Logística que se utilizara dentro del estudio topográfico es:

Tabla 1: Equipo utilizado.

UNIDAD	DESCRIPCION
1	Automóvil para transporte de la comisión de topografía
1	Estación Total Laica Ref. 1100, con sus accesorios
1	GPS GARMIN
1	Drone phantom 3 PRO
1	Equipo de oficina (portátil, cámara y papelería)
1	Kit de Herramienta menor

9.5.2. Descripción equipos de campo.

UNID	DESCRIPCION
1	<p>ESTACION TOTAL TC 1100L - Leica</p> <ul style="list-style-type: none"> Δ Resolución Angular 1" Δ Precisión angular directa 3" Δ Precisión en distancia 2mm+2ppm Δ Rango de alcance con un prisma 2500 m Δ Nivel electrónico 5" Δ Temperatura de trabajo -20°C +50°C Δ Distancia de enfoque mínima 1.5 m Δ Plomada Laser 
1	<p>PHANTOM 3 PRO</p>  <ul style="list-style-type: none"> Δ Cámara de 12.4 Mpixeles 1" Δ Gimbal stabilized 4.0 K Δ Rango de alcance 370 m en vertical 0000m en horizontal Δ Fotografías georreferenciadas coordenadas WGS-84 Δ Temperatura de trabajo 0°C +40°C



9.5.3. Toma de topografía.

Los Equipos Topográficos para ejecutar el objeto contractual son MARCA LEICA – Equipos que son reconocidos en el mercado por su precisión y versatilidad en el momento de realizar trabajos topográficos. La información que se recopila en campo es trasladarán directamente desde la PCMCIA de datos de la estación total al computador, evitando errores de transcripción y agilizando este proceso.

Realizado este trabajo se procedió al levantamiento topográfico de todos los elementos propios de zona de implantación del puente, teniendo en cuenta que para la ejecución de estas actividades se siguieron los siguientes parámetros de trabajo:

- Todos los deltas, mojones, puntos auxiliares de la poligonal se materializaron con estacas en terreno y con puntillas en zonas duras garantizando la fácil identificación en el terreno. Las referencias de los deltas se marcaron en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, etc.
- la toma de datos se realizo con un equipo de medicion electronico de ultima generacion (estacion tota) marca Leika.
- En el levantamiento no se realizaron cambios bruscos en las distancias de las poligonales, para evitar errores geométricos en el cierre de la misma.
- Las carteras de campo se diligenciaron con todos los datos relevantes al trabajo topográfico que se está desempeñando, haciendo uso de la codificación establecida por la comisión topográfica para este tipo de trabajos.
- Se ubican los puntos de control en piso antes de realizar el vuelo con el drone y se marcan con pintura para ayuda en el post proceso de la informacion y el amarre de la topografia con estacion y la toma con drone.



- Se realiza el vuelo con dron a una altura de 60 metros para obtener un GSD de 2.3 cm/pixel

Seguido de los trabajos desarrollados en campo, se procede a realizar el manejo de la información en oficina, mediante el siguiente proceso:

- Descarga de la información en crudo a los computadores de la estación total.
- Pos proceso de la información (depuración de datos crudos y cálculo de coordenadas).
- Pos procesos de la información de los datos con el dron en el programa Pix 4D y la georectificación del modelo arrojado con el dron y la topografía con estación.
- Rectificación y extracción de la topografía arrojada con el dron
- Elaboración de planos en planta y perfil a partir de las coordenadas obtenidas en campo.
- Elaboración de informe técnico.



9.5.4. Grado de Precisión

Los levantamientos topográficos se efectuaron a través de métodos convencionales (Estación Total) cuya precisión real mínima fue de cinco segundos (5”).

De igual manera se complementa la topografía tradicional con la nube de puntos obtenida con el dron donde podemos tener una precisión milimétrica con respecto a la nube de puntos obtenida con la estación, con esta nube se complementa una franja mucho más grande que ayuda a revisar mejor el modelo de topografía.

Se obtiene unos puntos para mejorar la topografía tomada con estación, y se entrega una cartera adicional para verificar la topografía en el programa de diseño

De igual manera se entrega el modelo en 3d de la topografía tomada con el dron para tener una mejor visión de lo que se tiene en el terreno.

9.5.5. Errores lineales angulares y de nivelación

Todos los levantamientos topográficos se efectuaron con apoyo de poligonales cerradas y amarradas al sistema de referencia, ajustando un error de cierre lineal igual o mayor a 1:25 000. Todas las mediciones angulares de los vértices de la poligonal se realizaron en posición directa e inversa, para de esta forma eliminar el error de colimación, estas mediciones quedaron registradas en la memoria de las estaciones totales y anotadas en la cartera de campo.

9.5.6. Procesamiento de Datos

Luego de obtenida la información de campo, se continuó con los trabajos de oficina correspondientes al procesamiento de datos; para tal fin se utiliza el software de manejo de



datos post_proceso LEICA OFICCE. Se ajusta la poligonal y luego se ajusta los puntos radiados mediante la estacion total LEICA TC1100.

Para la elaboracion de planos se hace necesario tener como base una nube de puntos de la posicion verdadera que tienen todos y cada un de los puntos tomados en campo el resultado es generar una secuencia de comandos que sean aceptados por un programa de diseño asistido por computador el cual se diseña en una hoja de calculo o en un procesador de texto.

El texto generado se carga a AUTOCAD LAND 3D para obtener la posicion de todos los puntos del levantamiento topografico, luego se procede a la interpretacion de la cartera de campo, que consiste en unir mediante lineas y/o arcos los puntos como figuran en dicho esquema. Este procedimiento se realizo hasta unir de forma consistente y coherente todos los puntos. El resultado es un plano definitivo, Se realizo curvas de nivel cada 1 m.

La topografia con el drone se procesa en el software PIX4D que ayuda a procesar la fotografias obtenidas, arma una nube de puntos en 3d a partir de los pixceles de cada fotografia obteniendo una nube de puntos densa de la cual se puede extraer puntos que ayudan a mejorar la topografia tomada con estacion total.

Lista de codigos

Tabla 2. Lista de Codigos

COD	DESCRIPCION
1	Apique
2	Arboles
3	Batimetría
4	Borde Derecho del Río
5	Borde Izquierdo del Río
6	Caminos
7	Deltas
8	Linderos
9	Paramentos
10	Terreno

9.5.7. Registro Fotográfico

Tabla 3. Coordenadas del primer punto ESTACION 1. Fuente: Propia.

#	Código	Descripción	Coordenada		Cota
	Nodo		N	E	
1	E1	Estación	278296.78	226855.35	697.809



Ilustración 21. Toma de puntos representativos en terreno seco. Fuente: Propia.



Ilustración 22. Ubicación de estacas en puntos de control. Fuente: Propia.

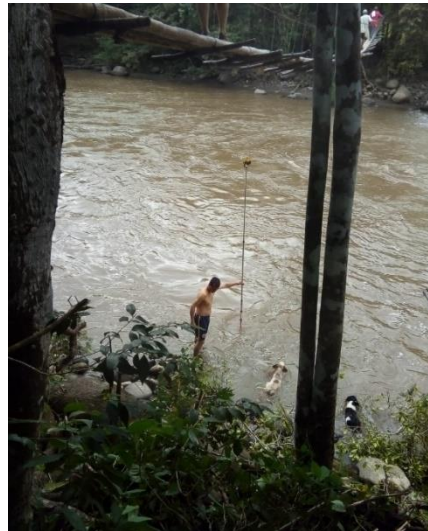


Ilustración 23: toma de puntos representativos del lecho del río. Fuente: Propia.

9.5.8. Toma de topografía con drone



Ilustración 24: Drone Phantom 3 PRO. Fuente: Propia.

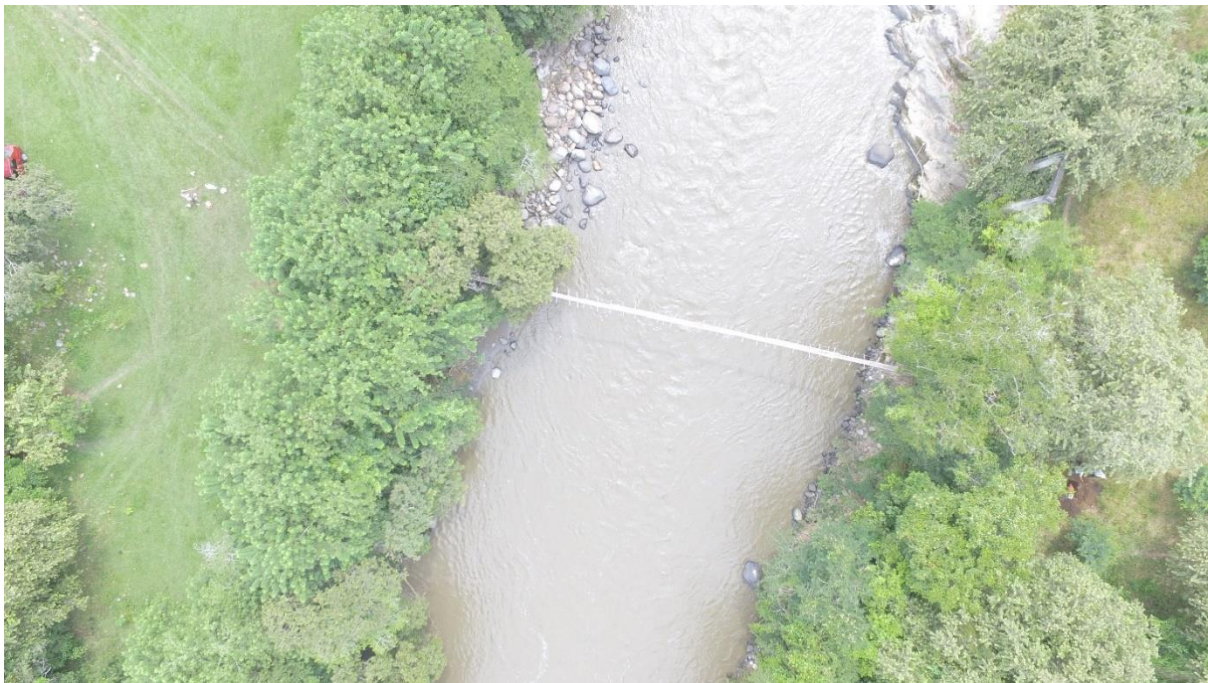


Ilustración 25: fotografía con drone. Fuente: Propia

9.5.9. Toma de topografía con dron post proceso

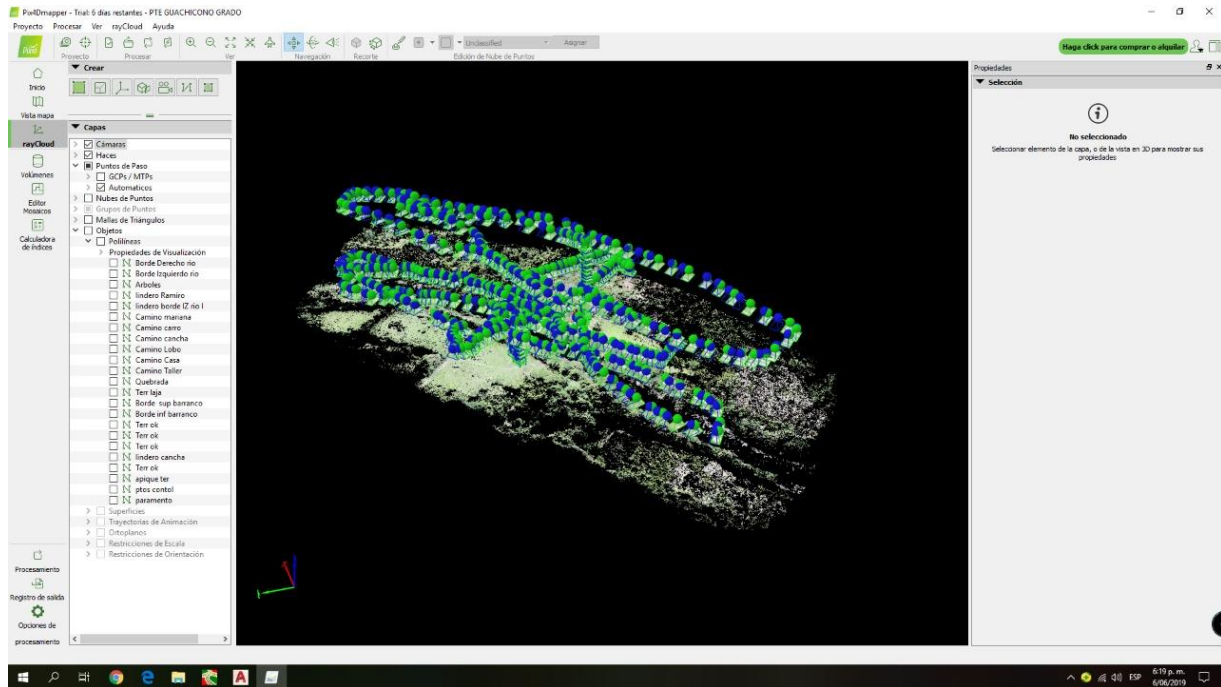


Ilustración 26: Orientar fotos, Software PIX 4D. Fuente: Propia.

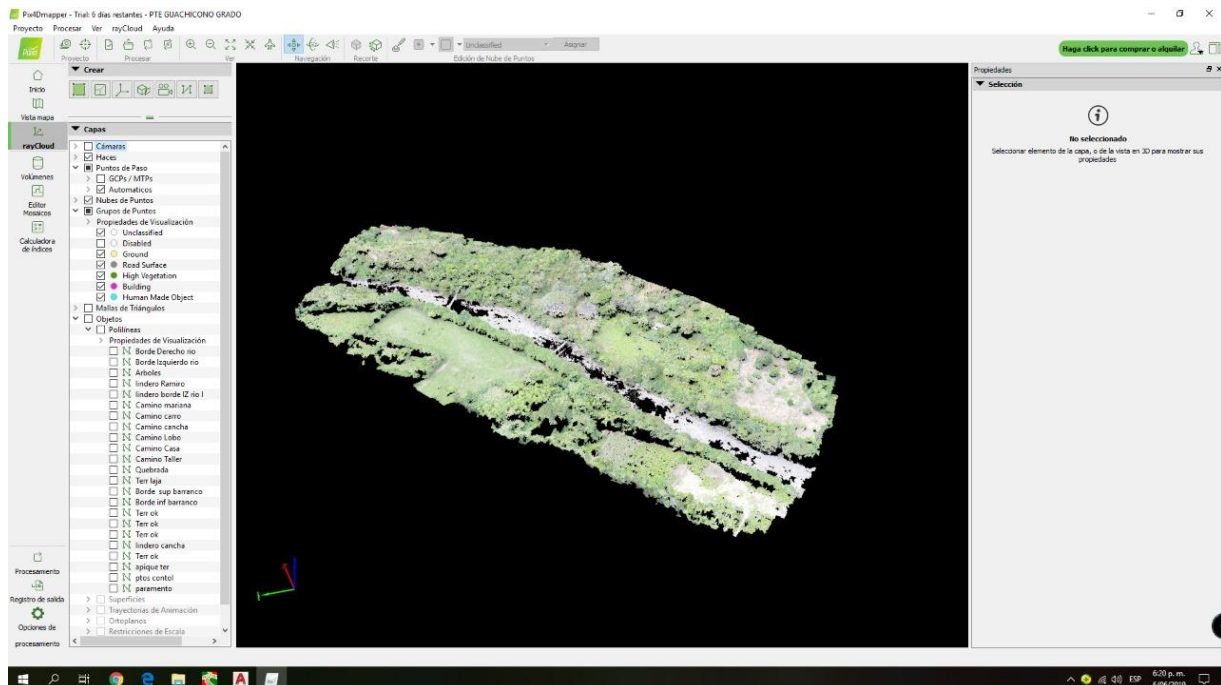


Ilustración 27: Crear nube de puntos densa, Software PIX 4D. Fuente: Propia.

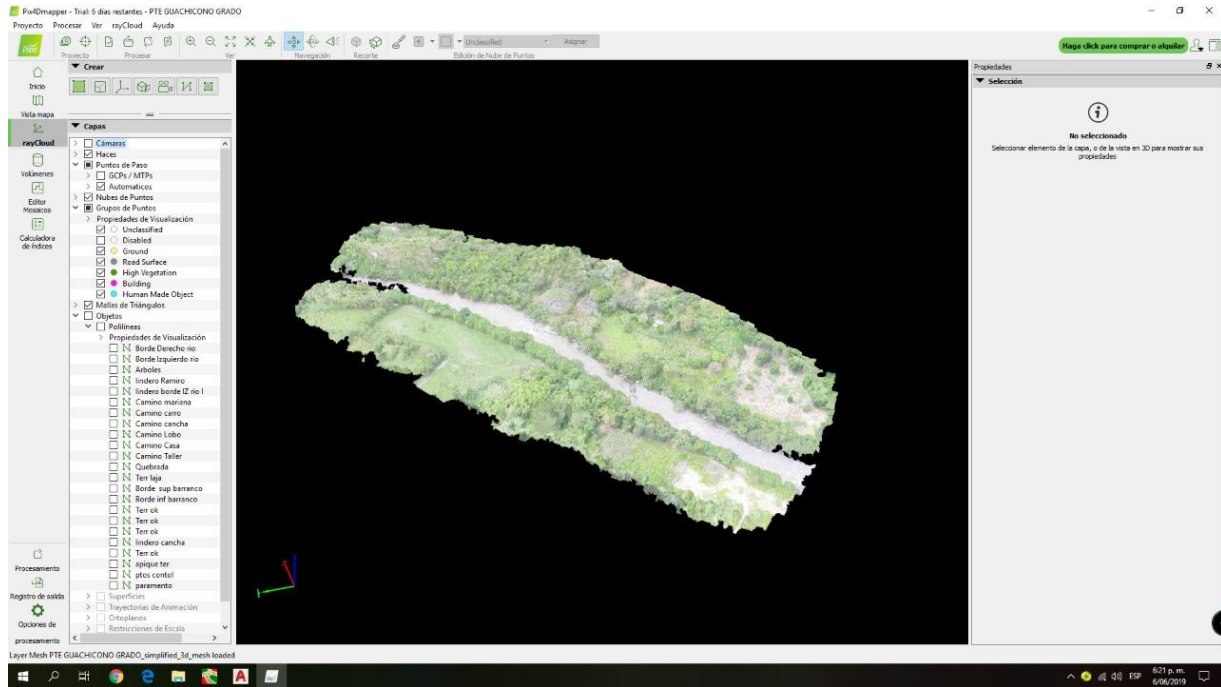


Ilustración 28: Crear malla 3D con textura, Software PIX 4D. Fuente: Propia.

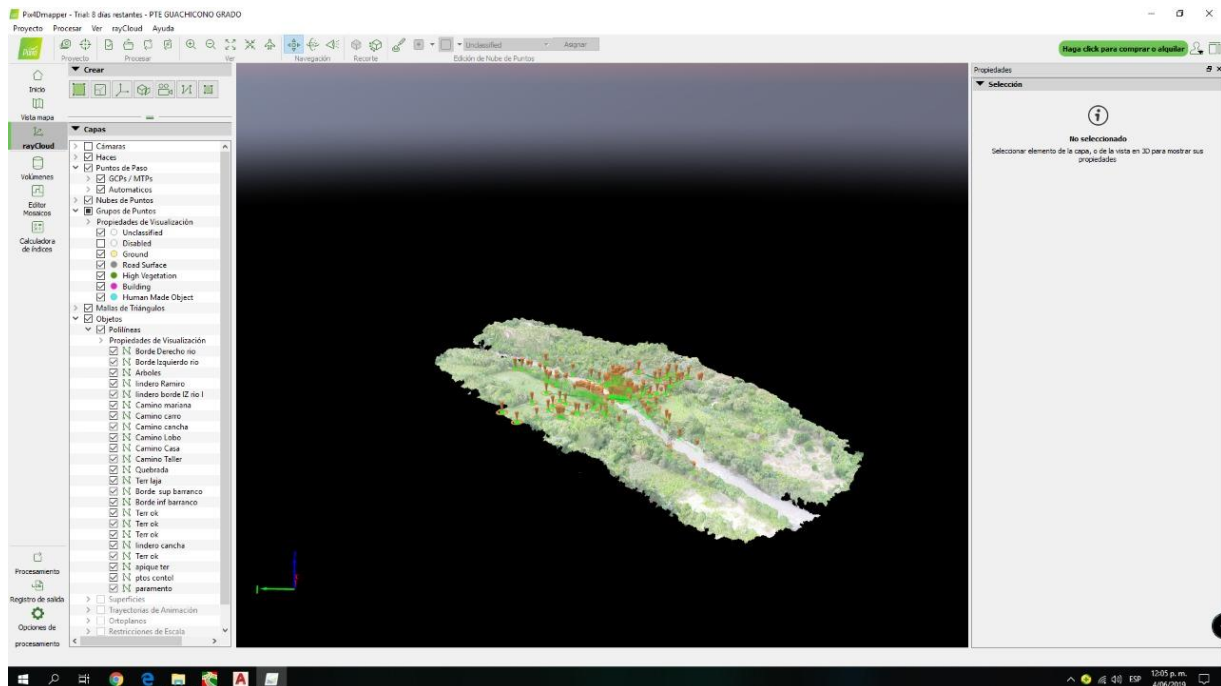


Ilustración 29: Crear poli líneas sobre el terreno, Software PIX 4D. Fuente: Propia.

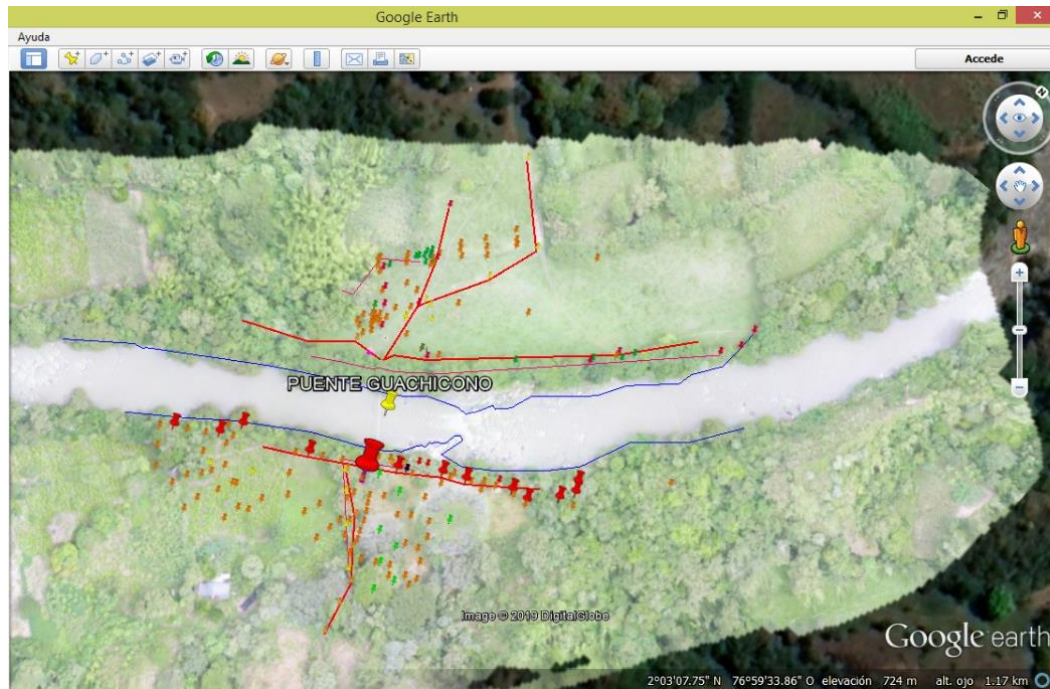


Ilustración 30. Orto foto y nube de puntos, exportados a Google Earth. Fuente: Propia.

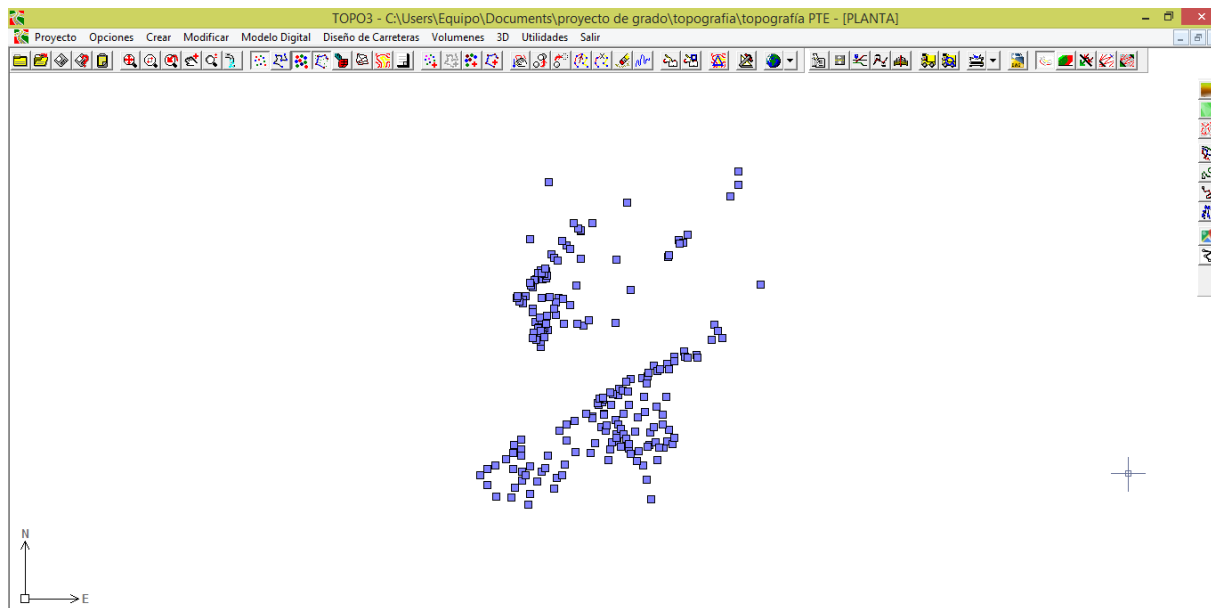


Ilustración 31: Nube de puntos cargada en el Software TOPO 3. Fuente: Propia.

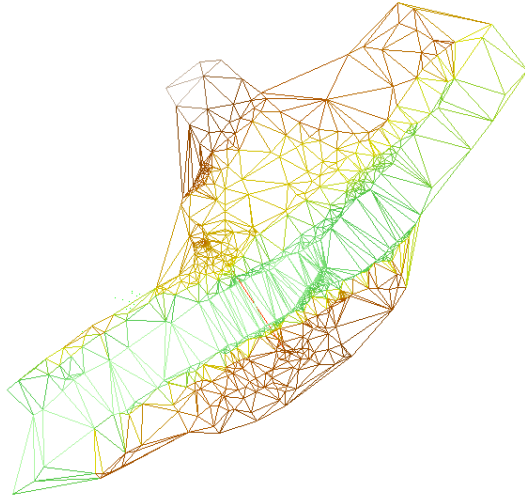


Ilustración 32: Triangulación formada por el Software TOPO 3. Fuente: Propia.

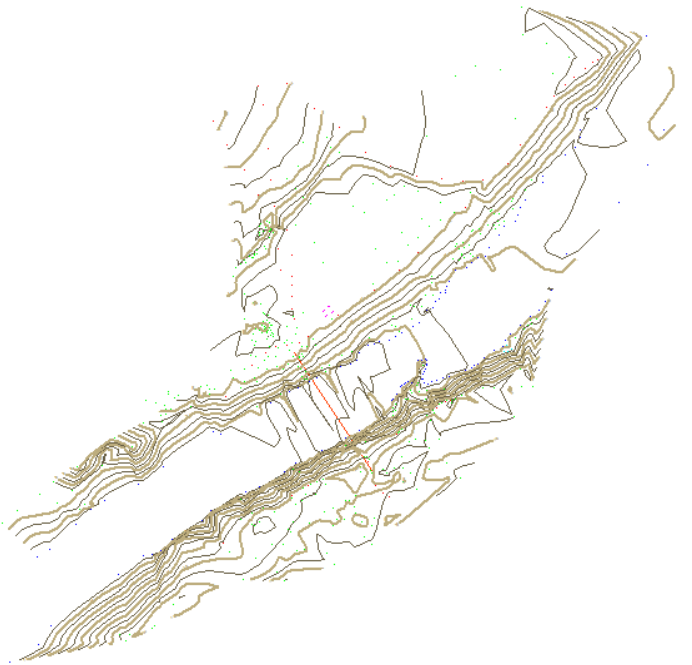


Ilustración 33: Curvas de nivel generadas por el Software TOPO 3. Fuente: Propia

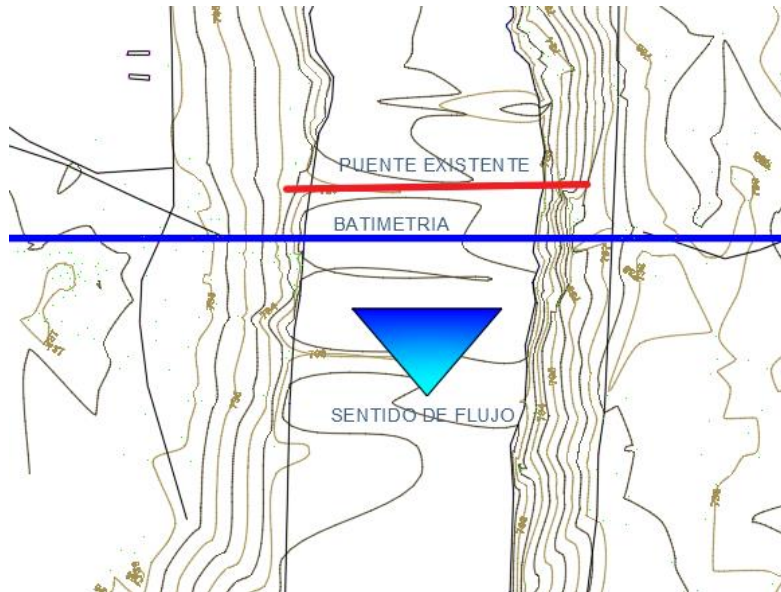


Ilustración 34: Curvas de nivel, y sentido de flujo, Software AutoCAD. Fuente: Propia.

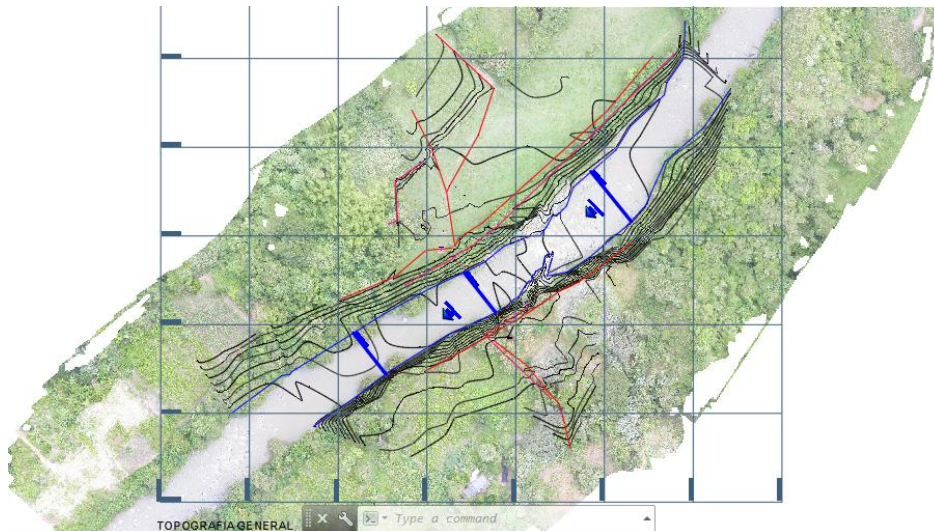


Ilustración 35: Orto foto con curvas de nivel, Software AutoCAD. Fuente: Propia.

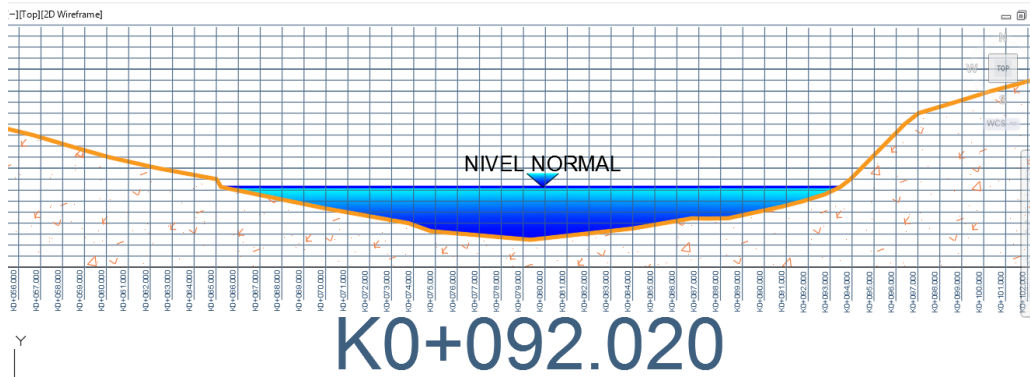


Ilustración 36: Sección transversal del eje el puente, Software AutoCAD. Fuente: Propia.

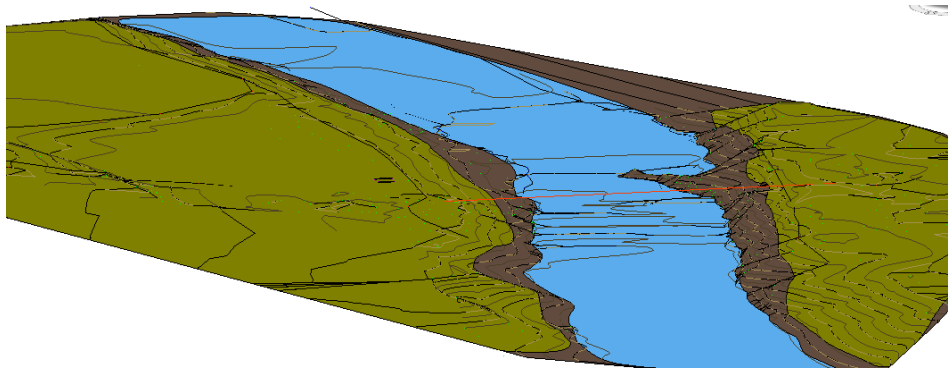


Ilustración 37: Topografía 3D generada por el Software REVIT 2019. Fuente: Propia.



10. ESTUDIO HIDROLÓGICO

10.1. GENERALIDADES.

Con los datos brindados por el IDEAM se obtienen unos caudales máximos anuales, y con las referencias dadas por las personas que viven en la zona se determinan alturas máximas del nivel de flujo, por lo cual a través de fórmulas para el cálculo de caudales, se confrontarán para determinar cuál es la NAME (NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EXTRAORDINARIAS).

10.2. OBJETIVO.

Determinar la altura de NAME, para así poder establecer la altura del tablero, cumpliendo con el galibo de 2.50m según estipula la norma de drenajes de Invias.

10.3. ALCANCES.

- Determinar la NAME.
- Determinar tiempo de retorno de la creciente.

10.4. METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE LA NAME

Se solicitó al IDEAM por medio virtual, datos de caudales máximos anuales medidos en el río Guachicón en la **ESTACION: 52027030 PTE FIERRO (ver, Ilustración 38)**, ubicada a 15.76 Km aguas arriba del punto de interés (**ver, Ilustración 39**), esos caudales se van a confrontar con caudales calculados a través de Manning, según alturas de referencias brindadas por las personas de la comunidad quienes han vivido en la zona por más de 100 años, esta información es brindada por los presidentes de junta de acción comunal el señor Eider Rodrigo Gómez Burbano, identificado con cedula de ciudadanía presidente de la junta de acción vereda El Charco, y el señor Abraham Muñoz Gómez identificado con número de cedula 4.733.442 presidente de la junta de acción vereda El Guásimo.



Código	52027030	Ubicación	(2.1565°, -76.899°)
Nombre	PUENTE FIERRO - GUACHICONO [52027030]	Altitud	900
Categoría	Limnigráfica	Fecha_instalacion	1994-06-15
Estado	Activa	Fecha_suspension	
Departamento	Cauca	Corriente	Guachicono

Ilustración 38: Estación 52027030 PTE FIERRO. Fuente: IDEAM

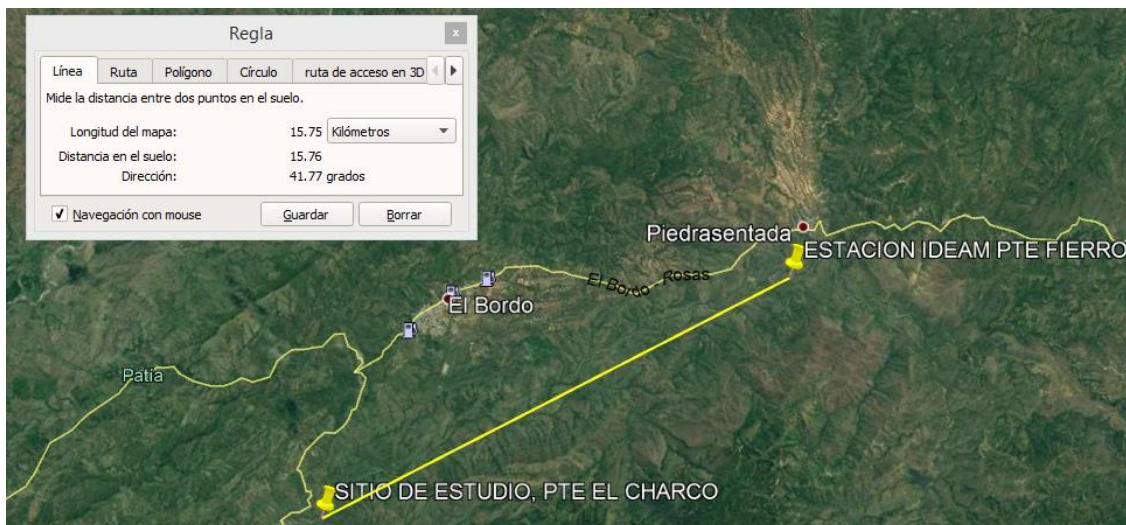


Ilustración 39: Distancia entre la estación y el Pte a diseñar. Fuente: Google Earth

10.5. TOMA DE NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EXTRAORDINARIAS (NAME).

En el sitio se toma un nivel hasta donde ha sido indicado por las personas como la altura máxima que ha llegado a tener el río a lo largo de 100 años aproximadamente, luego por proyección en el software Autocad se determina un perfil el cual incluye el lecho de río y la

NAME (ver, Ilustración 40). A través de la ecuación de Manning se logra determinar el caudal que ha pasado en dichas crecientes.

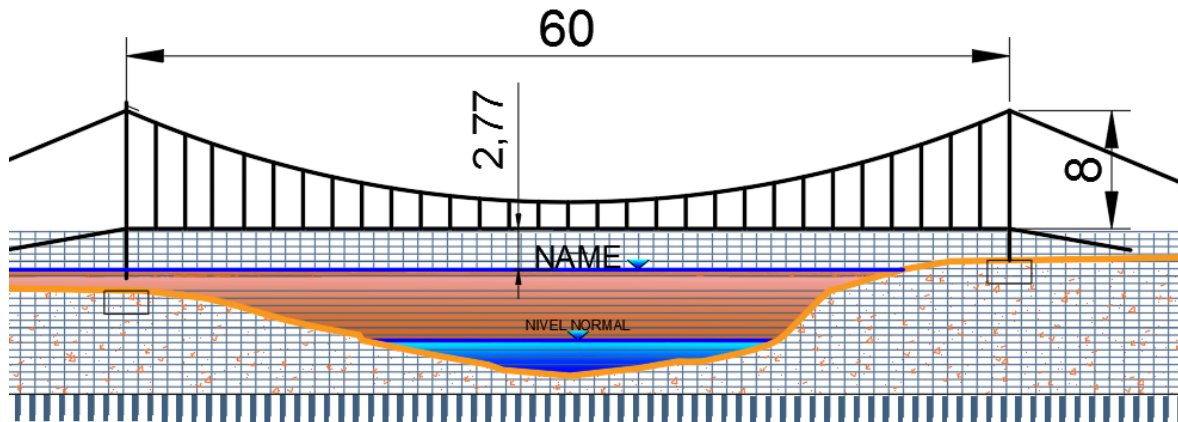


Ilustración 40: Determinación de la NAME, por proyección Software AutoCAD. Fuente: Propia.

Obtenemos un gálibo de 2.77 metros por encima de la NAME, con lo que se cumple el gálibo mínimo recomendado por el manual de drenaje.

7.1.1. Gálibo

A continuación se presentan los valores mínimos requeridos según el tipo de condición generada:

- Sobre corrientes de agua, relativamente limpias en toda época: mínimo dos metros (2.00 m) por encima del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (N.A.M.E.).
- Sobre corrientes de agua que en algunos períodos transportan desechos, troncos y otros objetos voluminosos: mínimo dos metros con cincuenta centímetros (2.50 m) por encima del N.A.M.E.
- Sobre carreteras. ~~Mínimo cinco metros (5.00 m), salvo que se estipule un valor mayor para el caso particular.~~
- Sobre vías férreas. Mínimo cinco metros con cincuenta centímetros (5.50 m), salvo que se estipule un valor mayor para el caso particular.
- Sobre cursos hídricos navegables. Dependerá del calado máximo de navegación, por lo que el valor debe ser definido por el Ministerio de Transporte.

Ilustración 41. Gálibos mínimos recomendados. Fuente: Manual de drenaje.



Tabla 4: Caudales Máximos en el río Guachicono. Fuente: IDEAM

ESTACION: 52027030 PTE FIERRO	
CAUDALES MAXIMOS ANUALES	
AÑO	CAUDAL (m3/s)
1995	155.08
1996	183.80
1997	215.80
1998	128.00
1999	223.00
2000	201.40
2001	148.30
2002	174.20
2003	163.08
2004	187.00
2005	250.80
2006	128.30
2007	200.60
2008	149.90
2009	203.40
2010	173.90
2011	138.60
2012	49.42
2013	105.50
2014	177.70

Tabla 5: Caudales máximos método de Manning. Fuente: Propia.

s	0.01			
n	0.04			
Y (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	Q (m ³ /s)
7.21	274.93	101.5	2.70866995	1335.5686
5.77	160.4	49.042	3.27066596	883.55821
4.25	98.15	38.6	2.54274611	457.122199
3.05	57.46	31.62	1.8172043	213.915113
2.42	39.76	28.5	1.39508772	124.104462
1.92	26.35	24.92	1.05738363	68.3715905

Cálculos tipo:

$$n = 0.04$$

$$S = 1 \%$$

$$A = 274.93 \text{ m}^2$$

$$P = 101.5 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{274.93 \text{ m}^2}{101.5 \text{ m}} = 2.709 \text{ m}$$

$$Q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} = \frac{274.93 \text{ m}^2 \cdot 2.709 \text{ m}^{\frac{2}{3}} \cdot 0.01^{\frac{1}{2}}}{0.04} = 1335.57 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad “adimensional”

S: Pendiente longitudinal del tramo. “%”

A: Área de la sección “m²”

P: Perímetro de la sección “m”

R: Radio hidráulico “m”.

Q: Caudal calculado “ $\frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ ”

En la siguiente tabla se aprecian los caudales máximos con un tiempo de retorno de 100 años, los cuales fueron calculados en un proyecto de grado denominado “**evaluación de crecientes para el Diseño de los puentes Pata, Saraconcho y Guachicono en Colombia**” a cargo de **Juan Sebastián Torres Sanches, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de ingeniería civil, programa de ingeniería civil, Bogotá D.C 2013**. Por tal motivo esta información se puede tomar como confiable debido a su característica de compromiso. Sin embargo este caudal es afectado por la creciente del Río Mazamorras el cual entrega sus aguas al Río Guachicono a 292.90 metros **aguas arriba** de la estación **52027010 Guachicono (ver, Ilustración 42)**. Debido a esto los caudales calculados por el método de proyección de crecientes que los lugareños brindaron son confiables. El puente al cual se le ha denominado “**EL CHARCO**” se encuentra ubicado a 1.2Km aguas arriba de la estación **52027010 Guachicono (ver, Ilustración 43)**.

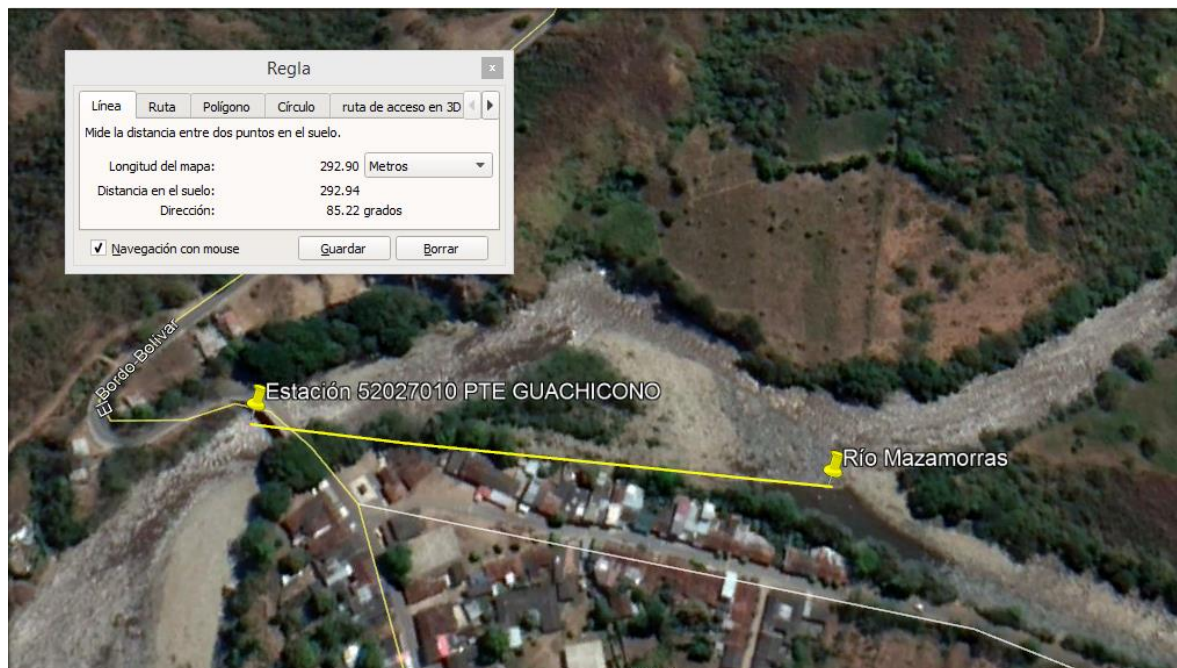


Ilustración 42: Distancia entre Estación 52027010 y Río Mazamorras. Fuente: Google Earth.

Tabla 6: Caudales máximos, método lluvia escorrentía. Fuente: TorresSanchezJuanSebastian2013

ANÁLISIS DE CRECIENTES							
METODO USDA - SCS : HIDROGRAMA TRIANGULAR							
TR = 100 AÑOS							
CUENCA : RIO GUACHICONO							
Informacion Basica		T/Tp	q/qp	T (horas)	q (m3/s)	Q (m3/s)	VOL.CRE. (10 ³ m3)
Area	963.32 km2.	0.00	0.000	0.00	0.00	2.00	17
Longitud	9.80 kms.	0.10	0.015	0.33	40.63	42.63	53
Dif.Cota	5090.00 m.	0.20	0.075	0.66	203.15	205.15	294
Pendiente	519.39 m/km.	0.30	0.160	0.99	433.39	435.39	760
Dur.Prec.	6.00 horas.	0.40	0.280	1.32	758.44	760.44	1419
Tc	0.50 horas.	0.50	0.430	1.65	1164.74	1166.74	2287
Tp	3.30 horas.	0.60	0.600	1.98	1625.22	1627.22	3316
Tb	8.80 horas.	0.70	0.770	2.31	2085.70	2087.70	4409
Prec.Efec.	44.51 mm/6h	0.80	0.890	2.64	2410.75	2412.75	5342
Prec.Efec.	7.42 mm/1h.	0.90	0.970	2.97	2627.45	2629.45	5985
Tr	100.00 años.	1.00	1.000	3.30	2708.71	2710.71	6338
CN(II)	77.00	1.10	0.980	3.63	2654.53	2656.53	6371
Coef.Ret.	1.00	1.20	0.920	3.96	2492.01	2494.01	6113
Qbase	2.00 m3/seg	1.30	0.840	4.29	2275.31	2277.31	5663
		1.40	0.750	4.62	2031.53	2033.53	5117
qp	2708.71 m3/seg	1.50	0.660	4.95	1787.75	1789.75	4538
Qmáx	2710.71 m3/seg	1.60	0.560	5.28	1516.88	1518.88	3927
		1.80	0.420	5.93	1137.66	1139.66	6311
VOL.CREC.	87.34 10 ³ m3	2.00	0.320	6.59	866.79	868.79	4768
		2.20	0.240	7.25	650.09	652.09	3610
Equivalencias:		2.40	0.180	7.91	487.57	489.57	2710
1 milla = 1.609 km		2.60	0.130	8.57	352.13	354.13	2003
1 milla2 = 2.589 km2		2.80	0.098	9.23	265.45	267.45	1476
1 pie = 0.3048 mts.		3.00	0.075	9.89	203.15	205.15	1122
1 pulgada = 25.4 mm.		3.50	0.036	11.54	97.51	99.51	1808
		4.00	0.018	13.19	48.76	50.76	892
		4.50	0.009	14.84	24.38	26.38	458
		5.00	0.004	16.49	10.83	12.83	233

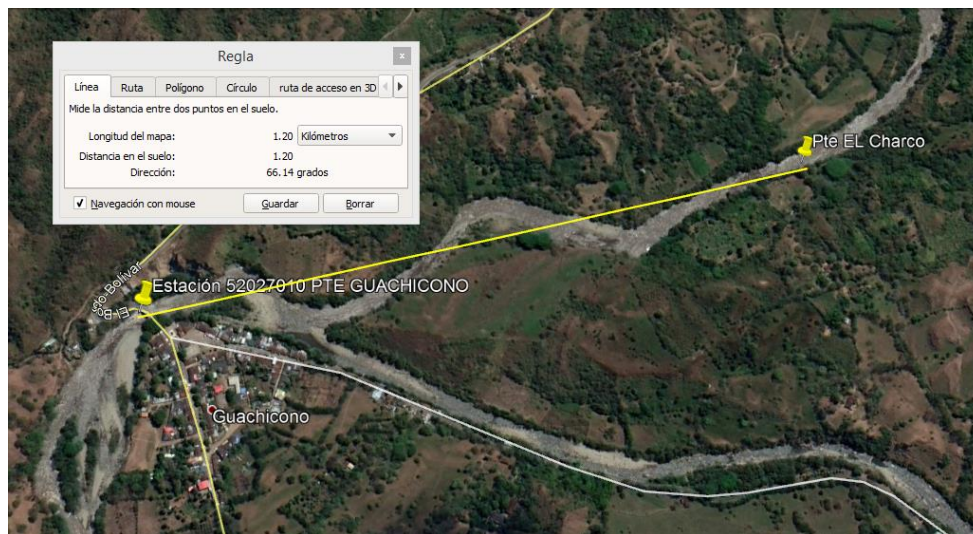


Ilustración 43: Distancia entre estación 52027010 y Pte El Charco. Fuente: Google Earth.



11. ESTUDIO HIDRÁULICO:

11.1. GENERALIDADES.

Debido a la carencia de recursos para el análisis de muestras de lecho de río este estudio no se realiza dando cumplimiento a la norma, para lo cual se pretende llevar las cimentaciones lo más alejado posible de la margen y zona de afectación del río.

11.2. OBJETIVO.

Determinar si puede existir socavación en los estribos del puente.

11.3. ALCANCES.

Establecer la distancia entre margen de río y cimentación, para minimizar el efecto de socavación.

11.4. METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE SOCAVACION

En el sitio existen desde el año 1997 unos estribos alejados aproximadamente 5 metros de la margen del río a los cuales se les hizo inspección visual y no se les encontró signos de socavación (**ver, Ilustración 44**). Se podría predecir que la nueva infraestructura no va a presentar problemas de socavación pues se alejará 10 metros de la margen del río hacia terreno firme (**ver, Ilustración 45**).



Ilustración 44: Estribo lado derecho Aguas abajo, Estribo lado izquierdo, aguas abajo. Fuente: Propia.

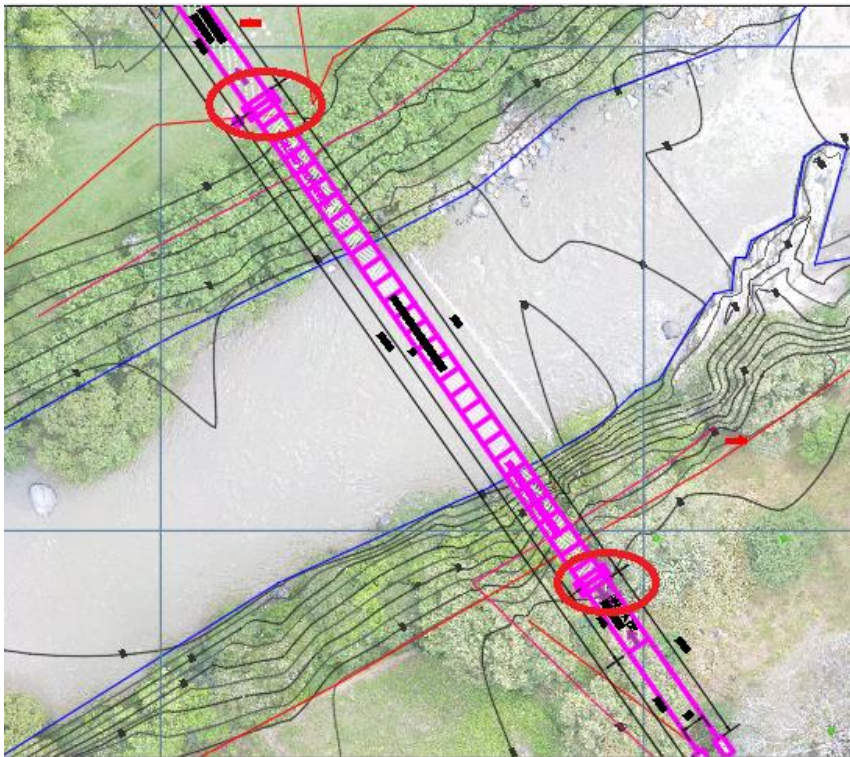


Ilustración 45. Estribos retirados de la margen del río. Fuente: Propia.

12. ESTUDIO DE SUELOS:

12.1. GENERALIDADES.

Pese a no contar con los recursos económicos para hacer un estudio con equipos especializados para realizar la extracción y análisis de muestras como lo indica la norma **CCP-14, sección 10.4.2 Exploración del Subsuelo**. Se realizaron apiques y estimaciones de la capacidad portante del suelo, según las características visuales.

12.2. OBJETIVO.

Estimar las características del suelo de cimentación.

12.3. ALCANCES.

- Estimar los siguientes parámetros del suelo:
 - ángulo de fricción interna.
 - capacidad admisible.
 - Peso específico.

12.4. METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE SUELOS.

Se realizaron apiques a ambos lados para estimar estratigrafía del suelo de cimiento, la profundidad del apique lo determinó el grado de resistencia que presentaba el suelo a las herramientas manuales “picas, barras de acero entre otras”, mientras que el ancho fue de 1.20m x 1.20 m (**ver, Ilustración 46 y 47**).



Ilustración 46: Apique 1 lado Derecho aguas abajo. Fuente: Propia



Ilustración 47: Apique 2 lado Izquierdo aguas abajo. Fuente: Propia.

Esta estratigrafía parece ser la de terrazas aluviales gravas gruesas con mucha arena, (**ver, Ilustración 48**). Pero su confirmación estará sujeta a un estudio de suelos realizados; el cual deberá ser realizado por la entidad correspondiente. Por tal motivo se realizarán dos

(2) diseños de cimentación, uno con un suelo como el que se estima y otro con un suelo de menor calidad.

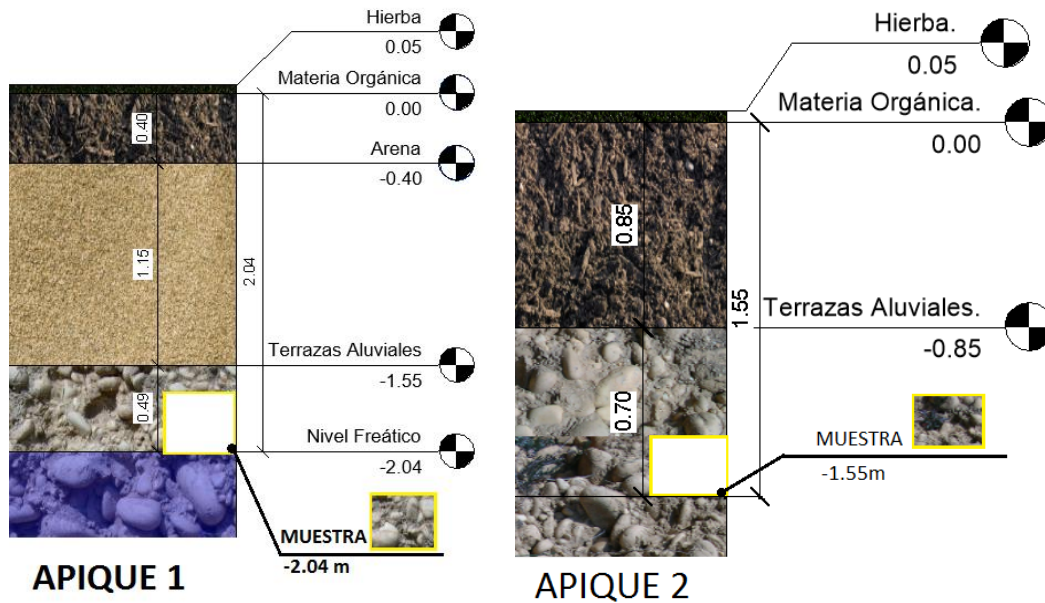


Ilustración 48: Estratigrafía Apique 1 y 2. Fuente: Propia

Tabla 7. Datos estimados de los suelos. Fuente: Estimación preliminar de las propiedades de los suelos.

VALORES MEDIOS PARA DIVERSAS CLASES DE TERRENO (Terzaghi)					
TIPO DE TERRENO		Capacidad portante Kg/cm ²	Compresibilidad Kg/cm ³	Densidad Kg/m ³	Angulo de reposo
1	Materia orgánica húmeda	---	---		
1a	Compacta con arena fina	0.5 a 1.0	0.5 a 1.0	600 a 1100	---
2a	Suelo arable Compactado	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5	650 a 1100	15
2b	Con alguna arena y grava	2.0 a 3.0	1.0 a 2.0	1400 a 1600	20
3a	Arena fina Húmeda	0.0 a 1.5	1.0 a 2.0	1800 a 2000	30
3b	Seca	2.5 a 3.0	4.0 a 6.0	1400 a 1600	30
4a	Terreno arcilloso Encharcado	0.5 a 1.0	2.0 a 3.0	1900	20
4b	Húmedo	1.5 a 2.5	2.5 a 3.5	1800	25
4c	Seco	3.0 a 5.0	3.0 a 6.0	1700 a 1800	25
4d	Muy seco	5.0 a 6.0	4.0 a 8.0	1800 a 1900	25
5a	Tierra/arena/fango				
5b	Con pocas piedras	1.0 a 3.0	5.0 a 8.0	1700 a 1800	30
	Con muchas piedras	2.0 a 4.0	8.0 a 10.0	1700 a 1800	25
6a	Gravas Fina con arena fina	4.5 a 6.0	6.0 a 9.0	1700 a 1800	30
6b	Media con arena fina	3.0 a 7.0	9.0 a 11.0	1700 a 1800	30
6c	Media con arena gruesa	4.0 a 7.0	10.0 a 12.0	1700 a 1800	35
6d	Gruesa con mucha arena	5.0 a 8.0	11.0 a 12.0	1800 a 2000	35
6e	Gruesa con poca arena	6.0 a 8.0	12.0 a 16.0	1800 a 2000	35
6f	Gruesa muy compacta	7.0 a 9.0	16.0 a 20.0	1800 a 2000	40
7a	Rocas Compactas o pocas fisuras	20 a 30		2200	
7b	Compactas con muchas fisuras	15 a 20		2100	
7c	Poco compactas con fisuras	10 a 15		1900	
7d	Fragmentada	6 a 10		1700	
Valores estimativos de capacidad de carga		Kg/cm ²	Kg/cm ³	Kg/m ³	Ang. Sexag.



ϕ : 35° ángulo de fricción interna “**dato supuesto, arena media granos redondeados**”

σ adm: $5.00 \frac{kg}{cm^2}$, esfuerzo admisible del suelo, “**dato supuesto, suelo aluvial, gravas gruesas con mucha arena**”

γ : $1800 \frac{kg}{cm^3}$, peso específico del suelo, “**dato supuesto, Grava gruesa con mucha arena**”



13. DISEÑO ESTRUCTURAL:

13.1. GENERALIDADES.

Establecer cuáles son las dimensiones y cantidades de materiales necesarios para la construcción del puente cumpliendo con los requerimientos solicitados por la norma.

Para el análisis estructural se utilizó el programa SAP 2000 un programa de diseño bastante confiable en la comunidad de ingenieros diseñadores, y como base de diseño la norma colombiana de diseño de puentes CCP-14.

13.2. OBJETIVO.

Diseñar dos (2) tipologías de puentes, uno (1) colgante y uno (1) en estructura metálica.

13.3. ALCANCES.

- Definir los elementos de resistencia. (dimensiones, resistencia, ubicación en la estructura, entre otros)

13.4. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL.

Se utilizó como guía de diseño la norma Colombiana de puentes CCP-14, con las siguientes combinaciones y factores de carga.



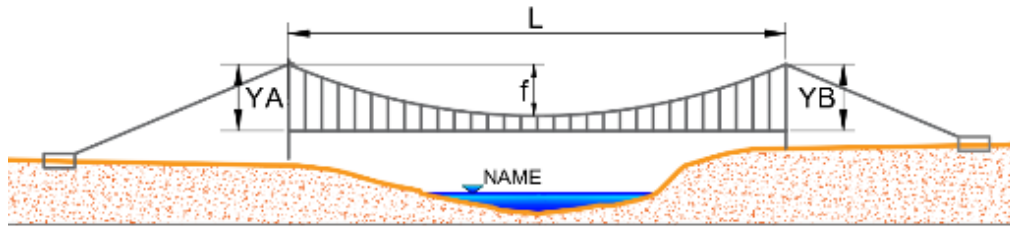
Tabla 8. Combinaciones y Factores de carga. Fuente: Norma colombiana de diseño de puentes CCP-14

Estado Limite 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	0	-	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	0	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
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30	0	1.0	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	0	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

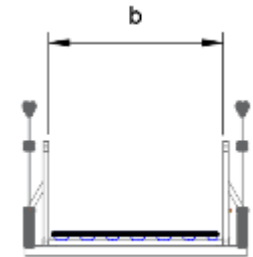
Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC : Componentes y Accesorios		1.25	0.90
DC : Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método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

CÁLCULO - PUENTE COLGANTE EL CHARCO

Representación de datos



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

Datos generales:

$$L_{pte} := 60.00 \text{ m}$$

$$f := 0.12 \cdot (L_{pte}) = 7.2 \text{ m}$$

$$b := 2.50 \text{ m}$$

$$YA := 9.0 \text{ m}$$

$$YB := 9.0 \text{ m}$$

L_{pte} : Longitud total puente entre apoyos.

f : flecha; Recomendación $f = (0.1 \text{ a } 0.15) \cdot L$

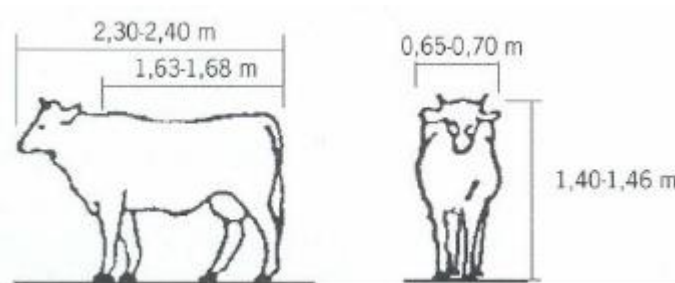
b : Ancho del tablero.

YA : Altura torre A.

YB : Altura torre B.

CARGA VIVA:

Representación de datos, medidas del ganado



Representación de datos, carga viva animal sobre el puente.



$$W_{ganado} := 550 \text{ kgf} = 5.394 \text{ kN}$$

$$L_{ganado} := 2.40 \text{ m}$$

$$An_{ganado} := 0.65 \text{ m}$$

$$Ar_{ganado} := L_{ganado} \cdot An_{ganado}$$

$$Ar_{ganado} = 1.56 \text{ m}^2$$

$$AT_{pte} := L_{pte} \cdot b$$

$$AT_{pte} = 150 \text{ m}^2$$

$$cant_{tot_sem} := \frac{AT_{pte}}{Ar_{ganado}} = 96.154$$

$$W_{animal} := \frac{W_{ganado}}{Ar_{ganado}} = 3.457 \text{ kPa}$$

W_{ganado} : Peso de un (1) semoviente.

L_{ganado} : Largo del semoviente.

An_{ganado} : Ancho del semoviente.

Ar_{ganado} : Área que ocupa un (1) semoviente.

AT_{pte} : Área TOTAL del puente.

can_{tot_sem} : Cantidad total de semovientes pasando al mismo tiempo sobre el puente.

Representación de datos, carga viva humana sobre el puente.



$$W_{PL} := 3.6 \text{ kPa}$$

$$W_{cargaviva} := W_{PL} = 3.6 \text{ kPa}$$

$$A_{afer_viva} := 1.25 \text{ m}$$

$$L_{afer_viva} := 2.0 \text{ m}$$

$$Area_{afer_viva} := A_{afer_viva} \cdot L_{afer_viva}$$

$$Area_{afer_viva} = 2.5 \text{ m}^2$$

$$W_{carga_viva_pen} := W_{cargaviva} \cdot Area_{afer_viva}$$

$$W_{carga_viva_pen} = 9 \text{ kN}$$

$$W_{carga_viva_cab} := W_{cargaviva} \cdot \frac{b}{2} = 4.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$W_{LL_traviesa} := W_{cargaviva} \cdot L_{afer_viva}$$

$$W_{LL_traviesa} = 7.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Cargas Muertas:

LOSA EN CONCRETO:

$$L_{losa} := 2.0 \text{ m}$$

$$A_{losa} := 1.25 \text{ m}$$

$$E_{losa} := 0.1 \text{ m}$$

$$Area_{losa} := L_{losa} \cdot A_{losa} = 2.5 \text{ m}^2$$

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{losa_m2} := \gamma_{Ccto} \cdot E_{losa} = 2.4 \text{ kPa}$$

$$W_{losa_concen} := Area_{losa} \cdot W_{losa_m2} = 6 \text{ kN}$$

$$W_{losa_cab} := W_{losa_m2} \cdot \frac{b}{2} = 3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

W_{PL} : Peso carga viva peatonal.

$W_{cargaviva}$: Peso de la carga definitiva viva, sobre m cuadrado, **CCP-14, Sección 3; 3.6.1.6.**

A_{afer_viva} : Ancho aferente carga viva.

L_{afer_viva} : Largo aferente carga viva.

$Area_{afer_viva}$: Area aferente carga viva.

$W_{carga_viva_pen}$: Peso carga viva concentrada, diseño péndola.

$W_{carga_viva_cab}$: Peso carga viva, diseño cable.

$W_{LL_traviesa}$: Peso carga viva sobre m lineal. modelado SAP 2000.

Representación de datos



L_{losa} : Largo de la losa.

A_{losa} : Ancho de la losa.

E_{losa} : Espesor de la losa.

$Area_{losa}$: Area de la losa.

γ_{Ccto} : Peso específico del Concreto.

W_{losa_m2} : Peso de la losa "Tablero" sobre m2.

W_{losa_conce} : Peso de la losa "Tablero" concentrada, diseño péndola.

W_{losa_cab} : Peso de la losa "Tablero" sobre m lineal, diseño cable.

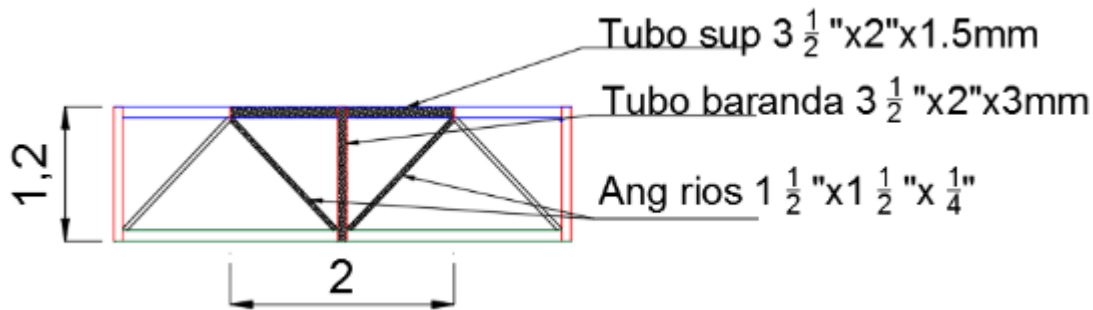
$$W_{losa_Sap} := W_{losa_m2} \cdot L_{losa}$$

$$W_{losa_Sap} = 4.8 \frac{kN}{m}$$

W_{losa_Sap} : Peso de la losa "Tablero" sobre m lineal, modelado SAP 2000.

VIGA BARANDA:

Representación de datos, Baranda



$$W_{tubo_sup_ml} := 6.13 \frac{kgf}{m} = 0.06 \frac{kN}{m}$$

$W_{tubo_sup_ml}$: Peso 3 1/2" x 2" x 3mm.

$$W_{ang_rios_ml} := 3.48 \frac{kgf}{m} = 0.034 \frac{kN}{m}$$

$W_{ang_rios_ml}$: Peso ángulo 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4".

$$W_{tubo_bar_ml} := 6.13 \frac{kgf}{m} = 0.06 \frac{kN}{m}$$

$W_{tubo_bar_ml}$: Peso tubo 3 1/2" x 2" x 3mm.

$$L_{tubo_sup} := 2.0 \text{ m}$$

L_{tubo_sup} : Largo tubo superior 3 1/2" x 2" x 1.5mm.

$$L_{ang_rios} := 1.39 \text{ m}$$

L_{ang_rios} : Largo ángulo riostra 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4".

$$L_{tubo_bar} := 1.20 \text{ m}$$

L_{tubo_bar} : Largo tubo baranda 3 1/2" x 2" x 3mm.

$$W_{tubo_sup} := W_{tubo_sup_ml} \cdot L_{tubo_sup} = 0.12 \text{ kN}$$

$$W_{ang_rios} := 2 \cdot W_{ang_rios_ml} \cdot L_{ang_rios} = 0.095 \text{ kN}$$

$$W_{tubo_bar} := W_{tubo_bar_ml} \cdot L_{tubo_bar} = 0.072 \text{ kN}$$

$$\Sigma_{pesos_bar} := W_{tubo_sup} + W_{ang_rios} + W_{tubo_bar}$$

$$\Sigma_{pesos_bar} = 0.287 \text{ kN}$$

Σ_{pesos_bar} : Peso baranda, diseño pendola

$$An_{aferente} := 1.20 \text{ m}$$

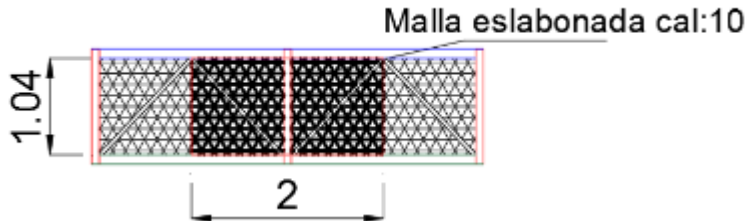
$An_{aferente}$: Ancho aferente

$$W_{bar_cab} := \frac{\Sigma_{pesos_bar}}{An_{aferente}} = 0.239 \frac{kN}{m}$$

W_{bar_cab} : Peso Baranda sobre m lineal, diseño cable.

MALLA ESLABONADA:

Representación de datos, Malla eslabonada, calibre 10, ϕ cuadrado 50mm



$$Al_malla := 1.04 \text{ m}$$

$$L_malla := 2.00 \text{ m}$$

$$W_malla_rollo := 32.36 \text{ kgf} = 0.317 \text{ kN}$$

$$Ar_rollo_malla := 10.4 \text{ m}^2$$

$$W_malla_m2 := \frac{W_malla_rollo}{Ar_rollo_malla}$$

$$W_malla_m2 = 0.031 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Area_estudio := Al_malla \cdot L_malla = 2.08 \text{ m}^2$$

$$Area_estudio = 2.08 \text{ m}^2$$

$$W_malla_concen := W_malla_m2 \cdot Area_estudio$$

$$W_malla_concen = 0.063 \text{ kN}$$

$$W_malla_cab := W_malla_m2 \cdot Al_malla$$

$$W_malla_cab = 0.032 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Al_malla: Altura de la malla.

L_malla: Largo de la malla.

W_malla_rollo: Peso del rollo.

Ar_rollo_malla_m2: Área del rollo.

W_malla_m2: Peso de la malla sobre m cuadrado.

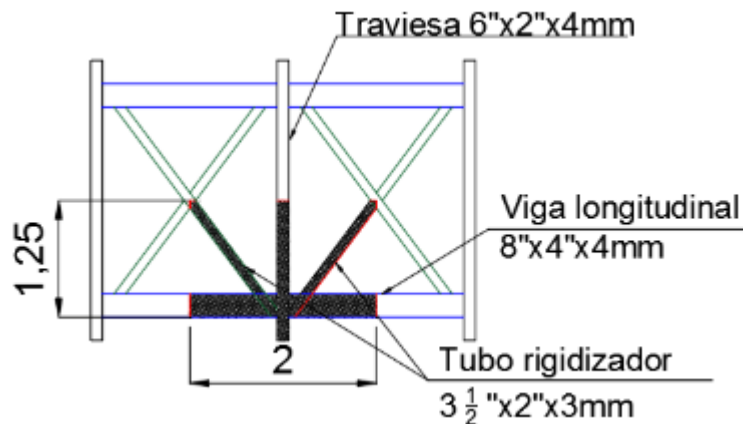
Area_estudio: Área aferente de la malla.

W_malla_concen: Peso de la malla, diseño péndola y modelado SAP 2000.

W_malla_cab: Peso de la malla sobre m lineal, diseño cable.

SOPORTE LOSA:

Representación de datos, Soporte Losa



$$W_{traviesa} := 11.73 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} = 0.115 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$W_{traviesa}$: Peso traviesa 6"x2"x4mm.

$$W_{viga_long} := 18.01 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} = 0.177 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

W_{viga_long} : Peso viga longitudinal 8"x4"x4mm.

$$W_{tubo_rig} := 6.13 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} = 0.06 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

W_{tubo_rig} : Peso tubo rigidizador 3 1/2"x2"x3mm.

$$L_{traviesa} := 1.50 \text{ m}$$

$L_{traviesa}$: Largo traviesa 6"x2"x4mm.

$$L_{viga_long} := 2.00 \text{ m}$$

L_{viga_long} : Largo viga longitudinal 10"x4"x4mm".

$$L_{tubo_rig} := 1.56 \text{ m}$$

L_{tubo_rig} : Largo tubo rigidizador 4"x2"x4mm.

$$W_{traviesa} := W_{traviesa} \cdot L_{traviesa} = 0.173 \text{ kN}$$

$$W_{viga_long} := W_{viga_long} \cdot L_{viga_long} = 0.353 \text{ kN}$$

$$W_{tubo_rig} := 2 \cdot W_{tubo_rig} \cdot L_{tubo_rig} = 0.188 \text{ kN}$$

$$\Sigma_{\text{pesos_sop_losa}} := W_{traviesa} + W_{viga_long} + W_{tubo_rig}$$

$$\Sigma_{\text{pesos_sop_losa}} = 0.713 \text{ kN}$$

$\Sigma_{\text{pesos_sop_losa}}$: Peso soporte losa, diseño péndola.

$$An_{\text{afer_sop}} := 1.25 \text{ m}$$

An_{aferente} : Ancho aferente soporte losa.

$$W_{\text{sop_losa_cab}} := \frac{\Sigma_{\text{pesos_sop_losa}}}{An_{\text{afer_sop}}}$$

$W_{\text{sop_losa_cab}}$: Peso soporte losa sobre m lineal, diseño cable.

$$W_{\text{sop_losa_cab}} = 0.571 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



PENDOLA:

$$\phi_pendola := \frac{1}{2} \text{ in} = 0.013 \text{ m}$$

$\phi_pendola$: Diámetro péndola.

$$Ag_pendola := \frac{\phi_pendola^2}{4} \cdot \pi = (1.267 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$Ag_pendola$: Área bruta péndola.

$$L_est_pen := 114.04 \text{ m}$$

L_est_pen : Largo estudio péndola.

$$W_pen_ml := 0.994 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

W_pen_ml : Peso péndola sobre m lineal.

$$W_pen := 2 \cdot L_est_pen \cdot W_pen_ml$$

$$W_pen = 2.223 \text{ kN}$$

$$W_pen_cab := \frac{W_pen}{L_pte} = 0.037 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

W_pen_cab Peso péndola sobre m lineal, diseño cable.

DISEÑO PENDOLA:

$$Ag_pendola := \frac{\phi_pendola^2}{4} \cdot \pi = (1.267 \cdot 10^{-4}) \text{ m}^2$$

$Ag_pendola$: Área bruta péndola.

$$fy_pendola := 350 \text{ MPa}$$

$fy_pendola$: Esfuerzo de fluencia.

MAYORACION DE CARGAS:

CARGA VIVA:

$$Fu_Viva := 1.75 \cdot W_carga_viva_pen = 15.75 \text{ kN}$$

Fu_Viva : Carga viva mayorada, diseño péndola.

CARGA MUERTA:

$$Fu_Muerta := 1.25 \cdot (W_losa_concen + \Sigma_pesos_bar + W_malla_concen + \Sigma_pesos_sop_losa)$$

$$Fu_Muerta = 8.83 \text{ kN}$$

Fu_Muerta : Carga muerta mayorada, diseño péndola.

$$Fu_pendola := Fu_Viva + Fu_Muerta = 24.58 \text{ kN}$$

$Fu_pendola$: Carga última, diseño péndola.

$$Vs_pendola := fy_pendola \cdot Ag_pendola = 44.337 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.90$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Vs_pendola := \phi \cdot Vs_pendola = 39.903 \text{ kN}$$

$\phi Vs_pendola$: Tensión admisible, diseño péndola.

$$Rel_D_C := \frac{Fu_pendola}{\phi Vs_pendola} = 0.616$$

Rel_D_C : Relación Demanda, Capacidad, diseño péndola.

```
CHEQUEO := if Rel_D_C < 1
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

CABLE

$\#_cables := 2$

$L_est_cable := 62.28 \text{ m}$

$W_1_cable := 8.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} = 0.086 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$W_2_cab := \#_cables \cdot W_1_cable = 0.173 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

DISEÑO CABLE PRINCIPAL:

MAYORACION DE CARGAS:

CARGA VIVA:

$Wu_Viva_cab := 1.75 \cdot W_carga_viva_cab$

$Wu_Viva_cab = 7.875 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

CARGA MUERTA:

$Wu_D_cab := 1.25 \cdot (W_losa_cab + W_bar_cab + W_malla_cab + W_sop_losa_cab + W_pen_cab + W_2_cab)$

$Wu_D_cab = 5.064 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$Wu_cab := Wu_Viva_cab + Wu_D_cab$

$Wu_cab = 12.939 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$WL := Wu_cab$

Cálculo de tensión en el cable principal:

$T1 := \frac{WL \cdot L_pte^2}{8 \cdot f}$

$T1 = 808.705 \text{ kN}$

$Tmax := \sqrt{T1^2 + \left(\frac{WL \cdot L_pte}{2}\right)^2}$

$Tmax = 897.043 \text{ kN}$

Cable 6x26 (AA) EIPS, $\phi = 1 \frac{7}{8}$ " EMCOCABLES

$\#_cables$: Cantidad de cables por lado.

L_est_cable : Longitud de estudio de cable hasta CL.

W_1_cable : Peso de un (1) cable sobre m lineal.

W_2_cab : Peso de dos (2) cables sobre m lineal.

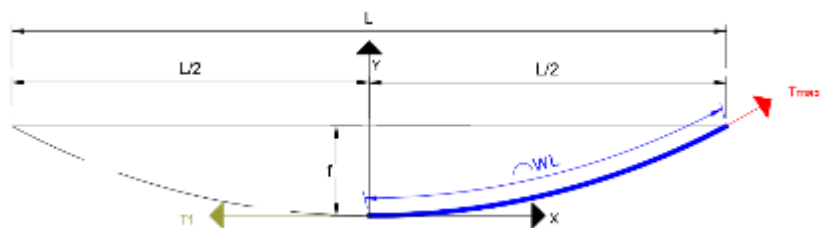
Fu_Viva_cab : Carga Viva mayorada, diseño cable.

Fu_Muerta_cab : Carga Muerta mayorada, diseño cable.

Wu_cab : Carga total lineal mayorada, diseño cable.

WL : Peso por metro lineal.

Representación de datos, Cable Principal



$T1$: Tensión mínima del cable.

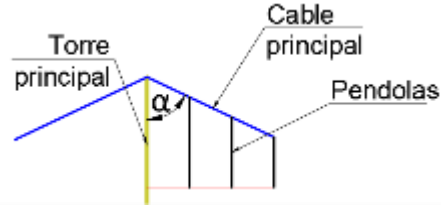
$Tmax$: Tensión máxima del cable.

Representación de datos, Ángulo de llegada.

$$\theta := \text{atan}\left(\frac{WL \cdot L_{pte}}{2 \cdot T1}\right)$$

$$\theta = 25.641^\circ$$

$$\alpha := 180^\circ - (\theta + 90^\circ) = 64.359^\circ$$



α : Angulo de llegada del cable a la torre con respecto a la vertical.

CARACTERISTICAS DEL CABLE A USAR:

Cable 6x26 (AA) EIPS, $\phi = 1 \frac{7}{8}$ " EMCOCABLES

$$T_{rot_cab} := 152 \text{ tonf} = 1352.259 \text{ kN}$$

$$T_{max} = 897.043 \text{ kN}$$

T_{rot_cab} : Rotura de un (1) cable, dado por el fabricante.

$$\#cables := 2$$

$\#cables$: Cantidad total de cables principales por lado.

$$Fs_cab := \frac{T_{rot_cab} \cdot \#cables}{T_{max}}$$

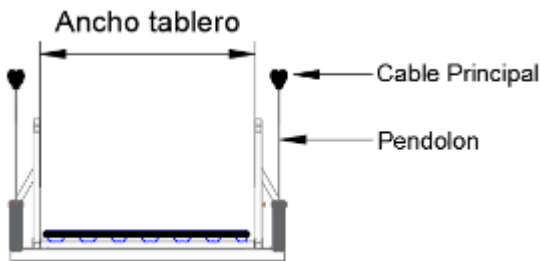
F_s : Factor de seguridad del cable.

$$Fs_cab = 3.01$$

```
CHEQUEO := if  $Fs\_cab \geq 3$ 
  || "CUMPLE"
  else
  || "NO CUMPLE"
```

CHEQUEO = "CUMPLE"

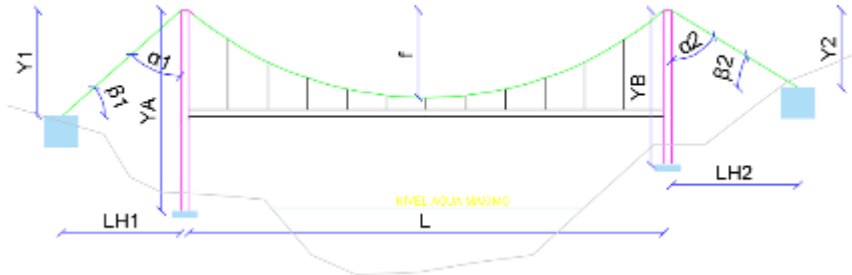
Representación de datos, seccion transversal del puente



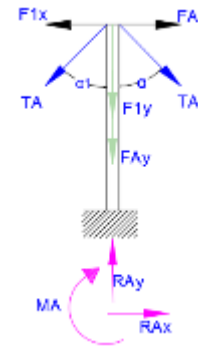
SECCION TRANSVERSAL

REACCIONES EN LAS TORRES:

Representación de datos, Ángulo de llegada.



Representación de datos, diagrama de cuerpo libre de la torre.



$$LH1 := 22 \text{ m}$$

$$LH2 := 26.3 \text{ m}$$

$$Y1 := 10.58 \text{ m}$$

$$Y2 := 12.65 \text{ m}$$

$LH1$: Longitud horizontal 1.

$LH2$: Longitud horizontal 2.

$Y1$: Longitud vertical 1.

$Y2$: Longitud vertical 2.

$$\alpha = 64.359^\circ$$

$$\alpha1 := \text{atan}\left(\frac{LH1}{Y1}\right)$$

$$\alpha1 = 1.123 \text{ rad} \quad \alpha1 = 64.317^\circ$$

$$\alpha2 := \text{atan}\left(\frac{LH2}{Y2}\right)$$

$$\alpha2 = 1.122 \text{ rad} \quad \alpha2 = 64.313^\circ$$

$$\alpha_{acc} := 0^\circ$$

Reacción en las torres

Reacciones en la torre A

$$FAy := T_{max} \cdot \cos(\alpha + \alpha_{acc})$$

$$FAy = 388.178 \text{ kN}$$

$$F1y := T_{max} \cdot \cos(\alpha1 + \alpha_{acc})$$

$$F1y = 388.776 \text{ kN}$$

$$RAy := FAy + F1y$$

$$RAy = 776.954 \text{ kN}$$

$$FAx := T_{max} \cdot \sin(\alpha)$$

$$FAx = 808.705 \text{ kN}$$

$$F1x := T_{max} \cdot \sin(\alpha1 + \alpha_{acc})$$

$$F1x = 808.418 \text{ kN}$$

$$RAx := FAx - F1x$$

$$RAx = 0.287 \text{ kN}$$

$$MA := FAx \cdot YA - F1x \cdot YA$$

$$MA = 2.582 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Reacciones en la torre B

$$FBy := T_{max} \cdot \cos(\alpha + \alpha_{acc})$$

$$FBy = 388.178 \text{ kN}$$

$$F2y := T_{max} \cdot \cos(\alpha2 + \alpha_{acc})$$

$$F2y = 388.828 \text{ kN}$$

$$RBy := FBy + F2y$$

$$RBy = 777.006 \text{ kN}$$

$$FBx := T_{max} \cdot \sin(\alpha)$$

$$FBx = 808.705 \text{ kN}$$

$$F2x := T_{max} \cdot \sin(\alpha2 + \alpha_{acc})$$

$$F2x = 808.393 \text{ kN}$$

$$RBx := FBx - F2x$$

$$RBx = 0.312 \text{ kN}$$

$$MB := FBx \cdot YB - F2x \cdot YB$$

$$MB = 2.808 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$T_A := T_{max}$$

$$T_B := T_{max}$$

Reacción en las torres situación

$$\alpha_{acc} := 5^\circ$$

Reacciones en la torre A

$$F_{Ay_{acc}} := T_A \cdot \cos(\alpha + \alpha_{acc})$$

$$F_{Ay_{acc}} = 316.218 \text{ kN}$$

$$F_{1y_{acc}} := T_A \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_{acc})$$

$$F_{1y_{acc}} = 316.838 \text{ kN}$$

$$R_{Ay_{acc}} := F_{Ay} + F_{1y}$$

$$R_{Ay_{acc}} = 776.954 \text{ kN}$$

$$F_{Ax_{acc}} := T_A \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{Ax_{acc}} = 808.705 \text{ kN}$$

$$F_{1x_{acc}} := T_A \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_{acc})$$

$$F_{1x_{acc}} = 839.226 \text{ kN}$$

$$R_{A_{acc}x} := F_{Ax_{acc}} - F_{1x_{acc}}$$

$$R_{A_{acc}x} = -30.521 \text{ kN}$$

$$M_{A_{acc}} := F_{Ax_{acc}} \cdot Y_A - F_{1x_{acc}} \cdot Y_A$$

$$M_{A_{acc}} = -274.687 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Reacciones en la torre B

$$F_{By_{acc}} := T_B \cdot \cos(\alpha + \alpha_{acc})$$

$$F_{By_{acc}} = 316.218 \text{ kN}$$

$$F_{2y_{acc}} := T_B \cdot \cos(\alpha_2 + \alpha_{acc})$$

$$F_{2y_{acc}} = 316.892 \text{ kN}$$

$$R_{By_{acc}} := F_{By} + F_{2y}$$

$$R_{By_{acc}} = 777.006 \text{ kN}$$

$$F_{Bx_{acc}} := T_B \cdot \sin(\alpha)$$

$$F_{Bx_{acc}} = 808.705 \text{ kN}$$

$$F_{2x_{acc}} := T_B \cdot \sin(\alpha_2 + \alpha_{acc})$$

$$F_{2x_{acc}} = 839.206 \text{ kN}$$

$$R_{Bx_{acc}} := F_{Bx} - F_{2x}$$

$$R_{Bx_{acc}} = 0.312 \text{ kN}$$

$$M_{B_{acc}} := F_{Bx_{acc}} \cdot Y_B - F_{2x_{acc}} \cdot Y_B$$

$$M_{B_{acc}} = -274.503 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

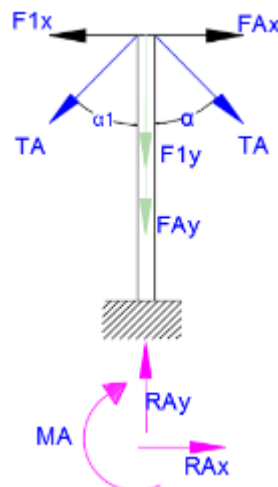
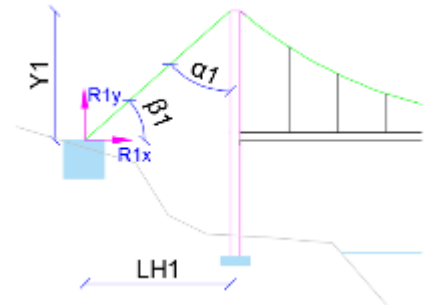
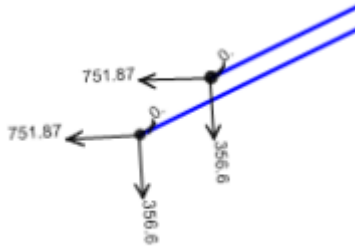


Diagrama de cuerpo libre de la torre

MACIZO DE ANCLAJE

Representación de datos, Reacciones en el macizo de anclaje SAP 2000.



$$Y1 = 10.58 \text{ m}$$

$$LH1 = 22 \text{ m}$$

$$\beta1 := \text{atan}\left(\frac{Y1}{LH1}\right) = 25.683^\circ$$

$Y1$: Longitud vertical 1.

$LH1$: Longitud horizontal 1.

Reacciones en el
 $Rx_{man} := FAx = 808.705 \text{ kN}$

Rx_{man} : Reacción en X calculo manual.

$Ry_{man} := FAy = 388.178 \text{ kN}$

Ry_{man} : Reacción en Y calculo manual.

$Rx_{SAP} := 751.87 \text{ kN}$

Rx_{SAP} : Reacción en X calculo en SAP 2000.

$Ry_{SAP} := 356.6 \text{ kN}$

Ry_{SAP} : Reacción en Y calculo en SAP 2000.

```
CHEQUEO := if Rx_man > Rx_SAP
           || "CALCULAR CON REACCIONES MANUALES"
           else
           || "CALCULAR CON REACCIONES DE SAP 2000"
```

CHEQUEO = "CALCULAR CON REACCIONES MANUALES"

$Rx := Rx_{man}$

Rx : Reacción en X para cálculo de macizo de anclaje.

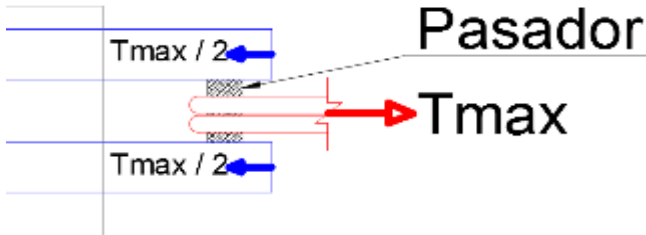
$Ry := Ry_{man}$

Ry : Reacción en Y para cálculo de macizo de anclaje.

DISEÑO PASADOR:

Cortante en en los pernos de anclaje

Representación de datos, pasador macizo de anclaje.



$$Fy_pas := 420 \text{ MPa}$$

Fy_pas : Esfuerzo de fluencia del material.

$$\phi_pas := 4 \text{ in} = 0.102 \text{ m}$$

ϕ_pas : Diámetro del pasador.

$$L_pas := 0.15 \text{ m}$$

L_pas : Longitud libre del pasador.

$$Ar_pas := \pi \cdot \frac{\phi_pas^2}{4}$$

Ar_pas : Área del pasador.

$$Ar_pas = 0.008 \text{ m}^2$$

$$Vu_pas := \frac{Tmax}{2}$$

Vu_pas : Cortante en el pasador.

$$Vu_pas = 448.522 \text{ kN}$$

$$V_pas := Fy_pas \cdot Ar_pas$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi := 0.9$$

ϕVn_pas : Cortante admisible del pasador.

$$\phi Vn_pas := \phi \cdot V_pas$$

$$\phi Vn_pas = 3064.567 \text{ kN}$$

$$Fs_pas := \frac{Vu_pas}{\phi Vn_pas} = 0.176$$

Fs_pas : Factor de seguridad del pasador.

```
CHEQUEO := if  $Fs\_pas > 1.0$ 
  || "NO CUMPLE"
  else
  || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

MATERIALES:

- CONCRETO: $f_c' = 21 \text{ MPa}$
- ACERO DE REFUERZO: $f_y = 420 \text{ MPa}$
- CABLE EIPS (6x29) (1-1/2") $F_u = 102 \text{ Ton.}$
- PENDOLONES , PASADORES NTC 4005-490(70)
- TORNILLOS A325(50) $f_y = 350 \text{ MPa}$
- LAMINAS Y ANGULOS NTC 4005 A(36) $f_y = 250 \text{ MPa}$
- SOLDADURA E-60XX-E-70XX

Momento flector en el pasador

$$Mu_pas := \frac{Tmax \cdot L_pas}{4}$$

Mu_pas : Momento en el pasador.

$$Mu_pas = 33.639 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mn := Fy_pas \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_pas}{2} \right)^3 = 36.037 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi Mn_pas := \phi \cdot Mn = 38.92 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Fs_Mo_pas := \frac{Mu_pas}{\phi Mn_pas} = 0.864$$

```
CHEQUEO := if Fs_Mo_pas < 1.0
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

ϕ : Factor de reducción.

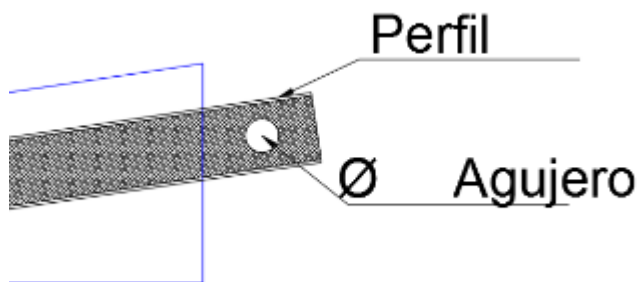
ϕMn_pas : Momento admisible del pasador.

Fs_Mo_pas : Factor de seguridad de momento en el pasador.

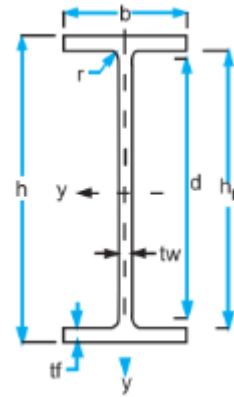
DISEÑO PERFIL ANCLAJE:

Bloque de Cortante en la Placa IPE 200

Representación de datos, perfil de anclaje.



Representación de datos, sección transversal perfil.



$$Ag_per := 28.48 \text{ cm}^2 = 0.0028 \text{ m}^2$$

$$Fy_per := 250 \text{ MPa}$$

$$\phi_agu := \phi_pas + 3 \text{ mm}$$

$$\phi_agu = 0.105 \text{ m}$$

$$tw_per := 5.6 \text{ mm} = 0.0056 \text{ m}$$

$$d_per := 127.2 \text{ mm} = 0.127 \text{ m}$$

Ag_per : Área bruta de la sección.

Fy_per : Esfuerzo de fluencia del material.

ϕ_agu : Diámetro del agujero.

tw_per : Espesor del alma del perfil.

d_per : Altura del alma del perfil.

```
CHEQUEO := if d_per > phi_agu
           || "ALTURA DEL ALMA BUENA"
           else
           || "ALTURA DEL ALMA MUY CORTA"
```

```
CHEQUEO = "ALTURA DEL ALMA BUENA"
```



$$A_{n_per} := A_{g_per} - (\phi_{agu} \cdot t_{w_per})$$

$$A_{n_per} = 0.002 \text{ m}^2$$

$$F_{vn} := A_{n_per} \cdot F_{y_per} = 565.56 \text{ kN}$$

$$\phi := 0.9$$

$$\phi F_{vn} := \phi \cdot F_{vn}$$

A_{n_per} : Área neta de la sección.

ϕ : Factor de reducción.

ϕF_{vn} : Fuerza admisible del perfil al cortante.

$$\frac{T_{max}}{2} = 448.522 \text{ kN}$$

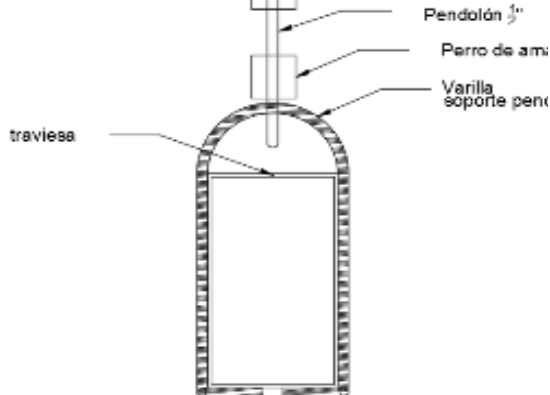
$$F_{s_per} := \frac{\frac{T_{max}}{2}}{\phi F_{vn}} = 0.881$$

```
CHEQUEO := if  $F_{s\_per} < 1.0$ 
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

F_{s_per} : Factor de seguridad del perfil.

DISEÑO VARILLA DE SOPORTE PENDOLON:

Representación de datos, soporte pendolón.



$$Fu_pendola := 24.58 \text{ kN}$$

$$Fy_var := 420 \text{ MPa}$$

$$\phi_var := \frac{1}{2} \text{ in} = 0.013 \text{ m}$$

$$L_var := 0.05 \text{ m}$$

$$Ar_var := \pi \cdot \frac{\phi_var^2}{4}$$

$$Ar_var = 1.2668 \text{ cm}^2$$

$$Vu_var := Fu_pendola$$

$$Vu_var = 24.58 \text{ kN}$$

$$V_var := Fy_var \cdot Ar_var$$

$$\phi := 0.9$$

$$\phi Vn_var := \phi \cdot V_var$$

$$\phi Vn_var = 47.884 \text{ kN}$$

$$Fs_var := \frac{Vu_var}{\phi Vn_var} = 0.513$$

$Fu_pendola$: Carga última, diseño péndola.

Fy_var : Esfuerzo de fluencia del material.

ϕ_var : Diámetro de la varilla.

L_var : Longitud libre de la varilla.

Ar_var : Área de la varilla.

Vu_var : Cortante en la varilla.

ϕ : Factor de reducción.

ϕVn_var : Cortante admisible de la varilla.

Fs_var : Factor de seguridad de la varilla.

```
CHEQUEO := if Fs_var > 1.0
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```



Momento flector en la varilla.

$$Mu_{var} := \frac{Fu_{pendola} \cdot L_{var}}{4}$$

Mu_{var} : Momento en la varilla.

$$Mu_{var} = 0.307 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mn := Fy_{var} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \left(\frac{\phi_{var}}{2} \right)^3 = 0.084 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 0.90$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Mn_{var} := \phi \cdot Mn = 0.076 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ϕMn_{var} : Momento admisible de la varilla.

$$Fs_{Mo_{var}} := \frac{Mu_{var}}{\phi Mn_{var}} = 4.042$$

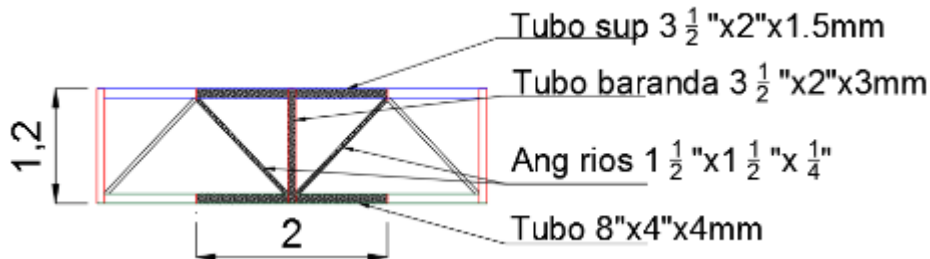
$Fs_{Mo_{pas}}$: Factor de seguridad de momento en la varilla.

```
CHEQUEO := if  $Fs_{Mo_{var}} < 1.0$ 
    || "CUMPLE"
else
    || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "NO CUMPLE"
```

CARGA DE VIENTO HORIZONTAL:

VIGA BARANDA:

Representación de datos, Baranda



$$An_{tubo_sup} := 2 \text{ in} = 0.051 \text{ m}$$

An_{tubo_sup} : Área expuesta tubo superior 3 1/2" x 2" x 1.5mm.

$$An_{tubo_inf} := 4 \text{ in} = 0.102 \text{ m}$$

An_{tubo_inf} : Área expuesta ángulo inferior 8" x 4" x 4mm.

$$An_{ang_rios} := 3 \text{ in} = 0.076 \text{ m}$$

An_{ang_rios} : Área expuesta ángulo inferior 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4".

$$An_{tubo_bar} := 2 \text{ in} = 0.051 \text{ m}$$

An_{tubo_bar} : Área expuesta ángulo inferior 3 1/2" x 2" x 3mm.

$$h_{bar} := 1.20 \text{ m}$$

h_{bar} : Altura de la baranda, carga de viento.

$$L_{bar_WL} := 2.0 \text{ m}$$

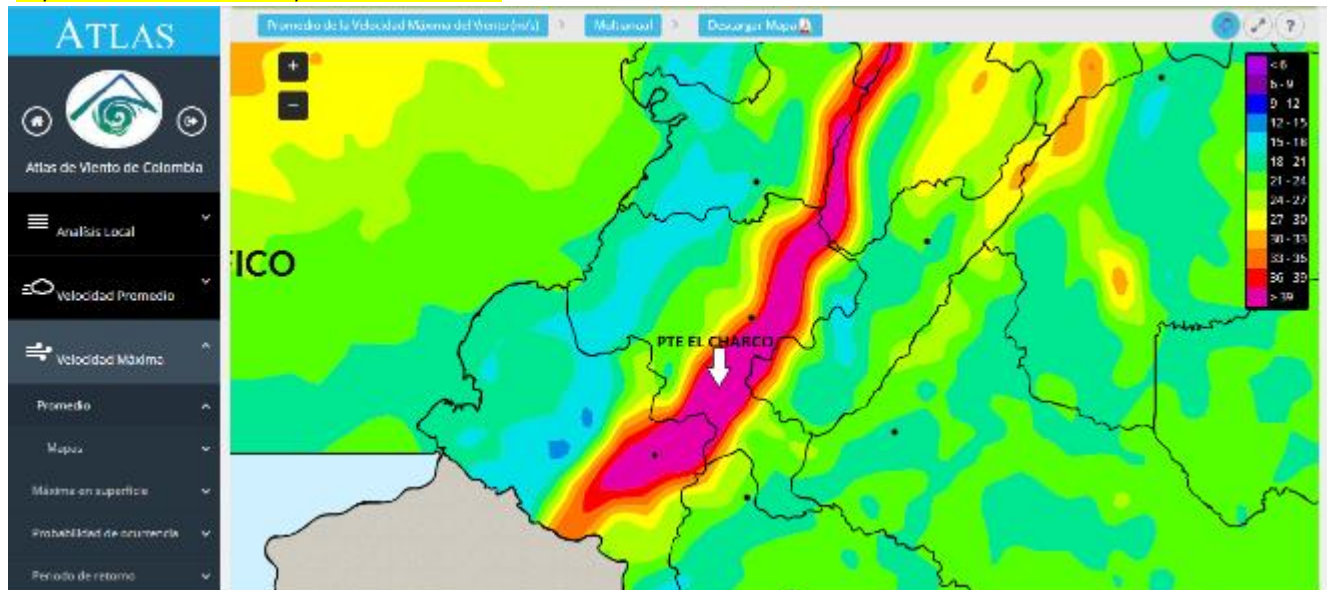
L_{bar_WL} : Longitud estudio, carga de viento.

$$\Sigma_{areas_WL} := L_{bar_WL} \cdot (An_{tubo_sup} + An_{tubo_inf} + An_{ang_rios} + An_{tubo_bar})$$

$$\Sigma_{areas_WL} = 0.559 \text{ m}^2$$

Σ_{area_WL} : Sumatoria de áreas expuestas a la acción del viento.

Representación de datos, Mapa de vientos, IDEAM



$$vel_zona := 39 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 140.4 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

vel_zona : velocidad en la zona de implantación del puente.

**Tabla 3.8.1.2.1-1 — Presiones Básicas, P_B ,
Correspondientes a $V_B = 160$ km/h**

Componente de la Subestructura	Carga de Barlovento MPa	Carga de Sotavento MPa
Cerchas, Columnas, y Arcos	0.0024	0.0012
Vigas	0.0024	NA
Superficies grandes Planas	0.0019	NA

**Tomado de: CCP-14,
Sección 3.**

La carga total de viento no debe ser menor que 4.5 kN/m en el plano de barlovento de una cuerda de cercha o arco y 2.2 kN/m en el plano de sotavento, y no menor que 4.5 kN/m sobre vigas.

$ESF_barlo_sug := 0.0024$ **MPa** ESF_barlo_sug : Esfuerzo de viento sugerida, Tabla 3.8.1.2.1-1, Pág. 3-41, CCP-14.

$$WL_pte := \Sigma_areas_WL \cdot ESF_barlo_sug$$

$$WL_pte = 1.341 \text{ kN}$$

$$WL_pte_bar := \frac{WL_pte}{h_bar}$$

WL_pte_bar : Carga de viento distribuida sobre el puente a Barlovento.

$$WL_pte_bar = 1.118 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

CARGA DE VIENTO MINIMA A BARLOVENTO:

$$WL_min_Bar_sug := 4.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$WL_min_Bar_sug$: Carga de viento mínima sobre elementos. Tabla 3.8.1.2.1-1, Pág. 3-41, CCP-14.

```
CHEQUEO := if WL_min_Bar_sug > WL_pte_bar
           || "Carga Definitiva = WL_min_Barlo"
           else
           || "Carga Definitiva = WL_pte_dis"
CHEQUEO = "Carga Definitiva = WL_min_Barlo"
```

$$WL_Barlo_con := WL_min_Bar_sug \cdot L_bar_WL$$

$$WL_Barlo_con = 9 \text{ kN}$$

WL_Barlo_con : Carga concentrada a BARLOVENTO. Por CCP-14.



$$WL_{bar_con_pte} := WL_{pte_bar} \cdot L_{bar_WL}$$

$$WL_{bar_con_pte} = 2.235 \text{ kN}$$

$WL_{bar_con_pte}$: Carga concentrada a BARLOVENTO. Por tipología del puente.

$$WL_{bar_prom} := \frac{WL_{Barlo_con} + WL_{bar_con_pte}}{2}$$

$$WL_{bar_prom} = 5.618 \text{ kN}$$

WL_{bar_prom} : Carga concentrada a BARLOVENTO. Modelado SAP 2000.

CARGA DE VIENTO MINIMA A SOTAVENTO:

$$ESF_{sota_sug} := 0.0012 \text{ MPa}$$

ESF_{sota_sug} : Esfuerzo de viento sugerida, Tabla 3.8.1.2.1-1, Pág. 3-41, CCP-14.

$$WL_{pte} := \Sigma_{areas_WL} \cdot ESF_{sota_sug}$$

$$WL_{pte} = 0.671 \text{ kN}$$

$$WL_{pte_sot} := \frac{WL_{pte}}{h_{bar}}$$

WL_{pte_sot} : Carga de viento distribuida sobre el puente.

$$WL_{pte_bar} = 1.118 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

CARGA DE VIENTO MINIMA A SOTAVENTO:

$$WL_{min_Sot_sug} := 2.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$WL_{min_Sot_sug}$: Carga de viento mínima sobre elementos. Tabla 3.8.1.2.1-1, Pág. 3-41, CCP-14.

```
CHEQUEO := if WL_min_Sot_sug > WL_pte_sot
           || "Carga Definitiva = WL_min_Sot_sug"
           else
           || "Carga Definitiva = WL_ang_sup"
CHEQUEO = "Carga Definitiva = WL_min_Sot_sug"
```

$$WL_{Sota_con} := WL_{min_Sot_sug} \cdot L_{bar_WL}$$

WL_{Sota_con} : Carga sugerida, concentrada a SOTAVENTO.

$$WL_{Sota_con} = 17.85 \text{ kN}$$

$$WL_{sot_con_pte} := WL_{pte_sot} \cdot L_{bar_WL}$$

$$WL_{sot_con_pte} = 1.118 \text{ kN}$$

$WL_{bar_con_pte}$: Carga concentrada a BARLOVENTO. Por tipología del puente.



$$WL_{sot_prom} := \frac{WL_{Sota_con} + WL_{sot_con_pte}}{2}$$

$$WL_{sot_prom} = 2.759 \text{ kN}$$

WL_bar_prom: Carga concentrada a SOTAVENTO. Modelado SAP 2000.

VERTICAL:

Ambas fuerzas deben aplicarse simultáneamente.

3.8.2 — Presión de Viento Vertical — A menos que se especifique de otra manera en el Artículo 3.8.3, debe considerarse una fuerza de viento longitudinal lineal en dirección vertical, hacia arriba, obtenida de multiplicar 0.96 kPa por el ancho del tablero, incluyendo parapetos y aceras. Esta fuerza debe aplicarse solamente para los estados límite de Resistencia III y de Servicio IV que no involucran viento sobre carga viva, y solamente cuando la dirección del viento se supone perpendicular al eje longitudinal del puente. Esta fuerza lineal debe aplicarse a un cuarto del ancho del puente, hacia barlovento, en conjunto con las fuerzas de viento horizontales especificadas en el Artículo 3.8.1.

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$b_{pte} := 2.5 \text{ m}$$

$$S_{pen} := 2.0 \text{ m}$$

$$\sigma_{WL_ver} := 0.96 \text{ kPa}$$

b_pte: Ancho del tablero.

S_pen: Separación entre péndolas.

σ_{WL_ver} : Esfuerzo vertical del viento sobre el tablero.

$$WL_{ver} := b_{pte} \cdot S_{pen} \cdot \sigma_{WL_ver}$$

WL_ver: Carga vertical concentrada sobre el puente.

$$WL_{ver} = 0.396 \text{ kN}$$

$$P_{apli} := \frac{b_{pte}}{4} = 0.625 \text{ m}$$

P_apli: Punto de aplicación de la carga vertical concentrada sobre el puente hacia barlovento.

**DISEÑO ESTRIBO:
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:**

**GRAVAS CON MUCHA ARENA,
CLASIFICACION C**

Tabla 9. Valores característicos de los suelos. Fuente: Estimación preliminar de las propiedades del suelo

VALORES MEDIOS PARA DIVERSAS CLASES DE TERRENO (Terzaghi)					
	TIPO DE TERRENO	Capacidad portante Kg/cm ²	Compresibilidad Kg/cm ³	Densidad Kg/m ³	Angulo de reposo
1	Materia orgánica húmeda	----	----		
1a	Compacta con arena fina	0.5 a 1.0	0.5 a 1.0	600 a 1100	----
2a	Suelo arable Compactado	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5	650 a 1100	15
2b	Con alguna arena y graba	2.0 a 3.0	1.0 a 2.0	1400 a 1600	20
3a	Arena fina Húmeda	0.0 a 1.5	1.0 a 2.0	1800 a 2000	30
3b	Seca	2.5 a 3.0	4.0 a 6.0	1400 a 1600	30
4a	Terreno arcilloso Encharcado	0.5 a 1.0	2.0 a 3.0	1900	20
4b	Húmedo	1.5 a 2.5	2.5 a 3.5	1800	25
4c	Seco	3.0 a 5.0	3.0 a 6.0	1700 a 1800	25
4d	Muy seco	5.0 a 6.0	4.0 a 8.0	1800 a 1900	25
5a	Tierra/arena/fango				
5b	Con pocas piedras	1.0 a 3.0	5.0 a 8.0	1700 a 1800	30
	Con muchas piedras	2.0 a 4.0	8.0 a 10.0	1700 a 1800	25
6a	Gravas Fina con arena fina	4.5 a 6.0	6.0 a 9.0	1700 a 1800	30
6b	Media con arena fina	3.0 a 7.0	9.0 a 11.0	1700 a 1800	30
6c	Media con arena gruesa	4.0 a 7.0	10.0 a 12.0	1700 a 1800	35
6d	Gruesa con mucha arena	5.0 a 8.0	11.0 a 12.0	1800 a 2000	35
6e	Gruesa con poca arena	6.0 a 8.0	12.0 a 16.0	1800 a 2000	35
6f	Gruesa muy compacta	7.0 a 9.0	16.0 a 20.0	1800 a 2000	40
7a	Rocas Compactas o pocas fisuras	20 a 30		2200	
7b	Compactas con muchas fisuras	15 a 20		2100	
7c	Poco compactas con fisuras	10 a 15		1900	
7d	Fragmentada	6 a 10		1700	

Tabla 10. Valores de coeficientes de fricción. Fuente: CCP-14, Sección 3.

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

$$\gamma_{suel_rell} := 18 \frac{kN}{m^3}$$

$$\phi_s := 30^\circ$$

$$\mu := 0.45$$

$$\sigma_{adm} := 6.5 \frac{kgf}{cm^2} = 0.637 MPa$$

$$K_{act} := \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_s}{2}\right)^2 = 0.333$$

$$K_{pav} := \frac{1}{K_{act}} = 3$$

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{kN}{m^3}$$

γ_{suel_rel} : Peso específico del suelo de relleno.

ϕ_s : Angulo de fricción del suelo.

μ : Coeficiente de fricción del suelo.

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

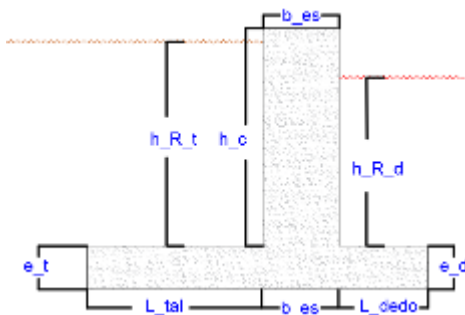
K_{act} : Coeficiente Activo del suelo.

K_{pav} : Coeficiente Pasivo del suelo.

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

ESTRIBO EVENTO EXTREMO I (PAE + EQB):

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 0.50 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.30 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 1.5 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.



$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 4.8 \text{ kN}$$

W_{tal} : Peso del talón.

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 2.88 \text{ kN}$$

W_{dedo} : Peso del dedo.

$$W_{R_t} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 13.5 \text{ kN}$$

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

$$W_{R_d} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_d} = 13.5 \text{ kN}$$

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

$$W_{col} := 681.58 \text{ kN}$$

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 749.02 \text{ kN}$$

W_{Tot} : Peso total del estribo.

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 337.059 \text{ kN}$$

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Deslizamiento

Tabla 3.10.3.2-1 — Valores del factor de Sitio, F_{ps} , en el periodo de vibración corto 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

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA
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.

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$PGA := 0.30$$

$$Fpga := 1.0$$

$$kh := 1.2 \cdot Fpga \cdot PGA$$

$$kh = 0.36$$

$$kv := 0$$

$$\theta MO := \text{atan} \left(\frac{kh}{1 - kv} \right)$$

$$\theta MO = 0.346 \text{ rad}$$

$$\theta MO = 19.799^\circ$$

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconacida muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$\delta := 30^\circ$$

$$\beta := 0^\circ$$

$$i := 0^\circ$$

Figura A11.3.1-1 — Diagramas de fuerza del método Mononobe-Okabe

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_{MO} - \beta)}{\cos \theta_{MO} \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cos(i - \beta)}} \right]^2 \quad (A11.3.1-1)$$

dónde:

- K_{AE} = coeficiente de presión sísmica activa del suelo (adim)
- γ = peso unitario del suelo (N/mm^3)
- H = altura del muro (mm)
- h = altura del muro en la parte trasera del talón del muro considerando la altura de la sobrecarga inclinada, si la hay, (mm)
- ϕ_f = ángulo de fricción del suelo (grados)
- θ_{MO} = $\arctan[k_h/(1-k_v)]$ (grados)
- δ = ángulo de fricción en la interfase muro-relleno (grados)
- k_h = coeficiente de aceleración sísmica horizontal (adim)
- k_v = coeficiente de aceleración sísmica vertical (adim)
- i = ángulo de inclinación de la superficie del relleno (grados)
- β = inclinación del muro respecto de la vertical (negativo tal como se ilustra) (grados)

Tomado de: CCP-14, Sección 11.

$$KAE := \frac{\cos(\phi_s - \theta_{MO} - \beta)^2}{\cos(\theta_{MO}) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_s + \delta) \cdot \sin(\phi_s - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$KAE = 0.721$$

$$PAE := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot KAE \cdot b_{dise}$$

$$PAE = 14.597 \text{ kN}$$

PAE: Fuerza dinámica lateral debido a la presión de tierras.

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 32.67 \text{ kN}$$

Ep: Empuje pasivo sobre el estribo.

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

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para periodo de vibración de 0.2s (Véase la Nota 1)				
	$S_g \leq 0.25$	$S_g = 0.50$	$S_g = 0.75$	$S_g = 1.00$	$S_g \geq 1.25$
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

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de S_g
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.

$$Ss1_{tab} := 0.50$$

$$Ss2_{tab} := 0.75$$

$$Fa1_{tab} := 1.0$$

$$Fa2_{tab} := 1.0$$

$$Fa := Fa2_{tab} + \left(\frac{(Fa1_{tab} - Fa2_{tab}) \cdot (Ss2_{tab} - Ss)}{Ss2_{tab} - Ss1_{tab}} \right) = 1$$

$$As := Fpga \cdot PGA = 0.3$$

$$SDS := Fa \cdot Ss = 0.7$$

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

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para periodo 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

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

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.

$$S1 := 0.30$$

$$Fv := 1.0 \text{ s}$$

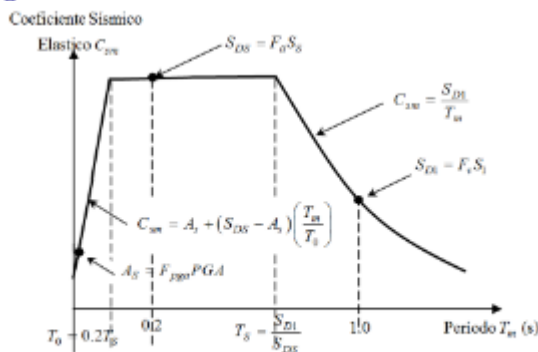


Figura 3.10.4.1-1 — Espectro de aceleraciones de diseño para 5% de amortiguamiento

Tomado de: CCP-14, Sección 3.



$$SD1 := Fv \cdot S1 = 0.3 \text{ s}$$

$$Ts := \frac{SD1}{SDS} = 0.429 \text{ s}$$

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$.
B	Perfil de roca de rigidez media con \bar{v}_s en el intervalo $1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, \bar{v}_s en el intervalo $760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360 \text{ m/s}$, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} > 50$ golpes/pie, o $\bar{\sigma}_v > 100 \text{ kPa}$ ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante \bar{v}_s en el intervalo $360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: \bar{N} en el intervalo 50 golpes/pie $> \bar{N} \geq 15$ golpes/pie, o $\bar{\sigma}_v$ en el intervalo 100 kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$) $> \bar{\sigma}_v \geq 50 \text{ kPa}$ ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$).
E	Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s < 180 \text{ m/s}$, o

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$Vs := 760 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Tm := \frac{4 \cdot 0.8 \cdot H_t}{Vs} = 0.01 \text{ s}$$

Tm : Periodo medio del estribo.

$$Csm := SDS = 0.7$$

$$EQb := Csm \cdot \gamma_{Ccto} \cdot h_c \cdot b_{es} \cdot b_{dise} = 23.52 \text{ kN}$$

EQb : Fuerza de agitación del brazo o cuerpo.

$$fs_{des} := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{PAE \cdot 1.5 + EQb \cdot 1.25} = 7.144$$

fs_{des} : Factor de seguridad al deslizamiento.

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
```

CHEQUEO = "CUMPLE"

Volcamiento Desde el Punto "O"
MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_c : Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.65 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

M_c : Momento del brazo o cuerpo.

$$M_c = 26.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d : Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := br_d \cdot W_{dedo}$$

M_{dedo} : Momento del dedo.

$$M_{dedo} = 0.432 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



$$br_t := L_dedo + b_es + \frac{L_tal}{2}$$

$$br_t = 1.25 \text{ m}$$

$$M_tal := br_t \cdot W_tal$$

$$M_tal = 6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rt := br_t = 1.25 \text{ m}$$

$$M_Rt := br_Rt \cdot W_R_t$$

$$M_Rt = 16.875 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rd := br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_Rd := br_Rd \cdot W_R_d$$

$$M_Rd = 0.891 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Ep := \frac{h_R_d + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_Ep := br_Ep \cdot Ep = 16.335 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_col := L_tal + \frac{b_es}{2} = 0.85 \text{ m}$$

$$M_col := br_col \cdot W_col = 579.343 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_est := M_c + M_dedo + M_tal + M_Rt + M_Rd + M_col$$

$$M_est = 629.749 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_PAE := \frac{h_R_d + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_PAE := br_PAE \cdot PAE$$

$$M_PAE = 7.299 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_EQb := \frac{h_R_t + e_t}{3} = 0.633 \text{ m}$$

$$M_EQb := br_EQb \cdot EQb$$

$$M_EQb = 14.896 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_torre := 154.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_t: Brazo para el talón.

M_tal: Momento del talón.

br_Rt: Brazo para el relleno sobre el talón.

M_Rt: Momento del relleno sobre el talón.

br_Rd: Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_Rd: Momento del relleno sobre el dedo.

br_Ep: Brazo para el empuje pasivo.

M_Ep: Momento del empuje pasivo.

br_col: Brazo para el peso de la columna.

M_col: Momento del peso de la columna.

M_est: Momentos estabilizantes.

br_PAE: Brazo para el empuje dinámico de tierras.

M_PAE: Momento del empuje dinámico de tierras.

br_EQb: Brazo para la agitación del cuerpo.

M_EQb: Momento de la agitación del brazo.

M_torre: Momento de la torre, dato SAP 2000.



$$M_{des} := M_{PAE} + M_{EQb} + M_{torre}$$

$$M_{des} = 176.305 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$F_{s_Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{M_{PAE} \cdot 1.5 + M_{EQb} \cdot 0.5 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$F_{s_Vol} = 3.38$$

F_{s_Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

```
CHEQUEO := if  $F_{s\_Vol} < 1$ 
  || "NO CUMPLE"
  else
  || "CUMPLE"
```

CHEQUEO = "CUMPLE"

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.637 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo, dato.

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 0.627 \text{ m}$$

$$B := L_{dedo} + b_{es} + L_{tal} = 1.5 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.25 \text{ m}$$

e_{max} : Excentricidad máxima.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.123 \text{ m}$$

e : Excentricidad calculada.

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.597 \text{ MPa}$$

σ_v : Esfuerzo vertical que ejerce el estribo, incluyendo relleno.

$$F_{s_asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 1.068$$

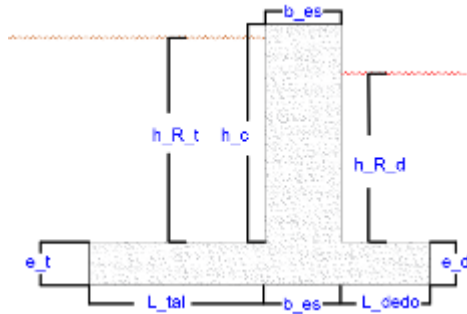
F_{s_asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if  $F_{s\_asen} < 1$ 
  || "NO CUMPLE"
  else
  || "CUMPLE"
```

CHEQUEO = "CUMPLE"

ESTRIBO EVENTO EXTREMO I (100% PAE + 50% PIR):

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 0.50 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.25 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 1.45 \text{ m}$$

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 4.8 \text{ kN}$$

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 2.4 \text{ kN}$$

$$W_{R_t} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 13.5 \text{ kN}$$

$$W_{R_d} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_d} = 13.5 \text{ kN}$$

$$W_{col} := 651.58 \text{ kN}$$

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 717.55 \text{ kN}$$

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 322.898 \text{ kN}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.

W_{tal} : Peso del talón.

W_{dedo} : Peso del dedo.

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

W_{Tot} : Peso total del estribo.

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Deslizamiento

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

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos ^(VERSE EN 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

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA
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.

Tomado de: CCP-14,
Sección 3.

$$PGA := 0.30$$

$$F_{ps} := 1.00$$

$$kh := 1.2 \cdot F_{ps} \cdot PGA$$

$$kh = 0.36$$

$$kv := 0$$

$$\theta_{MO} := \text{atan} \left(\frac{kh}{1 - kv} \right)$$

$$\theta_{MO} = 0.346 \text{ rad}$$

$$\theta_{MO} = 19.799^\circ$$

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconacida muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

Tomado de: CCP-14,
Sección 3.

$$\delta := 30^\circ$$

$$\beta := 0^\circ$$

$$i := 0^\circ$$

Figura A11.3.1-1 — Diagramas de fuerza del método Mononobe-Okabe

$$K_{sc} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_{sc}) \cos \beta}{\cos \theta_{sc} \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta - \theta_{sc})} \times \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta_{sc} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{sc}) \cos(i - \beta)} \right]^2 \quad (A11.3.1-1)$$

dónde:

- K_{sc} = coeficiente de presión sismica activa del suelo (adim)
- γ = peso unitario del suelo (N/mm³)
- H = altura del muro (mm)
- h = altura del muro en la parte trasera del talón del muro considerando la altura de la sobrecarga inclinada, si la hay, (mm)
- ϕ_f = ángulo de fricción del suelo (grados)
- $\theta_{sc} = \text{arc tan} \left[\frac{\lambda_v}{1 - \lambda_h} \right]$ (grados)
- δ = ángulo de fricción en la interfase muro-relleno (grados)
- λ_h = coeficiente de aceleración sismica horizontal (adim)
- λ_v = coeficiente de aceleración sismica vertical (adim)
- i = ángulo de inclinación de la superficie del relleno (grados)
- β = inclinación del muro respecto de la vertical (negativo tal como se ilustra) (grados)

Tomado de: CCP-14,
Sección 11.

$$KAE := \frac{\cos(\phi_s - \theta MO - \beta)^2}{\cos(\theta MO) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta MO)} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_s + \delta) \cdot \sin(\phi_s - \theta MO - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta MO) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$KAE = 0.721$$

$$PAE := 0.5 \cdot \gamma_{suel\ rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot KAE \cdot b_{dise}$$

$$PAE = 14.597 \text{ kN}$$

PAE: Fuerza dinámica lateral debido a la presión de tierras.

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel\ rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 32.67 \text{ kN}$$

Ep: Empuje pasivo sobre el estribo.

$$W_M := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t}$$

$$W_M = 61.02 \text{ kN}$$

W_M: Peso total del estribo, incluye relleno del talón.

$$PIR := kh \cdot \gamma_{Ccto} \cdot h_c \cdot b_{es} \cdot b_{dise} = 12.096 \text{ kN}$$

PIR: Fuerza horizontal debida a la masa del estribo.

$$fs_{des} := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{(PAE \cdot 1.0) \cdot 1.5 + (PIR \cdot 0.5) \cdot 1.25} = 11.96$$

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O" MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_c: Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.6 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

$$M_c = 24.192 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_c: Momento del brazo o cuerpo.

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d: Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.125 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := br_d \cdot W_{dedo}$$

$$M_{dedo} = 0.3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_dedo: Momento del dedo.

$$br_t := L_{dedo} + b_{es} + \frac{L_{tal}}{2}$$

$$br_t = 1.2 \text{ m}$$

br_t: Brazo para el talón.

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 5.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_tal: Momento del talón.



$$\begin{aligned} br_{Rt} &:= br_t = 1.2 \text{ m} \\ M_{Rt} &:= br_{Rt} \cdot W_{R_t} \\ M_{Rt} &= 16.2 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

br_{Rt}: Brazo para el relleno sobre el talón.

M_{Rt}: Momento del relleno sobre el talón.

$$\begin{aligned} br_{Rd} &:= br_d = 0.125 \text{ m} \\ M_{Rd} &:= br_{Rd} \cdot W_{R_d} \\ M_{Rd} &= 0.619 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

br_{Rd}: Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_{Rd}: Momento del relleno sobre el dedo.

$$br_{Ep} := \frac{h_{R_d} + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ep}: Brazo para el empuje pasivo.

$$M_{Ep} := br_{Ep} \cdot Ep = 16.335 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{Ep}: Momento del empuje pasivo.

$$br_{col} := L_{tal} + \frac{b_{es}}{2} = 0.85 \text{ m}$$

br_{col}: Brazo para el peso de la columna.

$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 553.843 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{col}: Momento del peso de la columna.

$$\begin{aligned} M_{est} &:= M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col} \\ M_{est} &= 600.914 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

M_{est}: Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{PAE} := \frac{h_{R_d} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{PAE}: Brazo para el empuje dinámico de tierras.

$$\begin{aligned} M_{PAE} &:= br_{PAE} \cdot PAE \\ M_{PAE} &= 7.299 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

M_{PAE}: Momento del empuje dinámico de tierras.

$$br_{PIR} := \frac{h_{R_t} + e_t}{3} = 0.633 \text{ m}$$

br_{PIR}: Brazo masa del estribo.

$$\begin{aligned} M_{PIR} &:= br_{PIR} \cdot PIR \\ M_{PIR} &= 7.661 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

M_{PIR}: Momento de la masa del estribo.

$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{torre}: Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$\begin{aligned} M_{des} &:= M_{PAE} + M_{PIR} + M_{torre} \\ M_{des} &= 169.07 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

M_{des}: Momentos desestabilizantes.

$$Fs_{Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{(M_{PAE} \cdot 1.0) \cdot 1.5 + (M_{PIR} \cdot 0.5) \cdot 1.25 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$Fs_{Vol} = 3.28$$

F_s_{Vol}: Factor de seguridad al volcamiento.



```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Fs_Vol: Factor de seguridad al volcamiento.

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.637 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 0.625 \text{ m}$$

$$B := L_{dedo} + b_{es} + L_{tal} = 1.45 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.242 \text{ m}$$

e_max: Excentricidad máxima.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.1 \text{ m}$$

e: Excentricidad calculada.

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.574 \text{ MPa}$$

σ_v : Esfuerzo vertical que ejerce el estribo, incluyendo relleno.

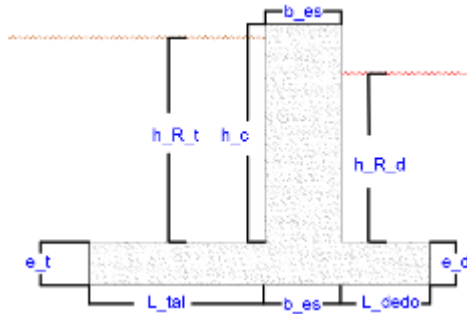
$$Fs_{asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 1.11$$

Fs_asen: Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

ESTRIBO EVENTO EXTREMO I (50% PAE + 100% PIR):

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 0.45 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.30 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 1.45 \text{ m}$$

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 4.32 \text{ kN}$$

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 2.88 \text{ kN}$$

$$W_{R_t} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 12.15 \text{ kN}$$

$$W_{R_d} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_d} = 12.15 \text{ kN}$$

$$W_{col} := 681.58 \text{ kN}$$

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 747.19 \text{ kN}$$

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 336.236 \text{ kN}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.

W_{tal} : Peso del talón.

W_{dedo} : Peso del dedo.

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

W_{Tot} : Peso total del estribo.

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Deslizamiento

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

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos ^(ver 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

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA
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.

Tomado de: CCP-14,
Sección 3.

$$PGA := 0.30$$

$$F_{pga} := 1.0$$

$$kh := 1.2 \cdot F_{pga} \cdot PGA$$

$$kh = 0.36$$

$$kv := 0$$

$$\theta MO := \text{atan} \left(\frac{kh}{1 - kv} \right)$$

$$\theta MO = 0.346 \text{ rad}$$

$$\theta MO = 19.799^\circ$$

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconacilada muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

Tomado de: CCP-14,
Sección 3.

$$\delta := 30^\circ$$

$$\beta := 0^\circ$$

$$i := 0^\circ$$

Figura A11.3.1-1 — Diagramas de fuerza del método Mononobe-Okabe

$$K_{se} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_{so} - \beta)}{\cos \theta_{so} \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta_{so})} \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta_{so} - i)}{\sqrt{\cos(\delta + \beta + \theta_{so}) \cos(i - \beta)}} \right]^2 \quad (A11.3.1-1)$$

donde:

- K_{se} = coeficiente de presión sísmica activa del suelo (adim)
- γ = peso unitario del suelo (N/mm³)
- H = altura del muro (mm)
- h = altura del muro en la parte trasera del talón del muro considerando la altura de la sobrecarga inclinada, si la hay, (mm)
- ϕ_f = ángulo de fricción del suelo (grados)
- θ_{so} = $\text{arc tan} [k_v / (1 - k_h)]$ (grados)
- δ = ángulo de fricción en la interfase muro-relleno (grados)
- k_h = coeficiente de aceleración sísmica horizontal (adim)
- k_v = coeficiente de aceleración sísmica vertical (adim)
- i = ángulo de inclinación de la superficie del relleno (grados)
- β = inclinación del muro respecto de la vertical (negativo tal como se ilustra) (grados)

Tomado de: CCP-14,
Sección 11.



$$KAE := \frac{\cos(\phi_s - \theta MO - \beta)^2}{\cos(\theta MO) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta MO)} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_s + \delta) \cdot \sin(\phi_s - \theta MO - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta MO) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$KAE = 0.721$$

$$PAE := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot KAE \cdot b_{dise}$$

$$PAE = 14.597 \text{ kN}$$

PAE: Fuerza dinámica lateral debido a la presión de tierras.

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 32.67 \text{ kN}$$

Ep: Empuje pasivo sobre el estribo.

$$W_M := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t}$$

$$W_M$$

W_M: Peso total del estribo, incluye relleno del talón.

$$PIR := kh \cdot \gamma_{Ccto} \cdot h_c \cdot b_{es} \cdot b_{dise} = 12.096 \text{ kN}$$

PIR: Fuerza horizontal debida a la masa del estribo.

$$fs_des := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{(PAE \cdot 0.5) \cdot 1.5 + (PIR \cdot 1.0) \cdot 1.25} = 14.026$$

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O" MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_c: Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.65 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

$$M_c = 26.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_c: Momento del brazo o cuerpo.

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d: Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := br_d \cdot W_{dedo}$$

$$M_{dedo} = 0.432 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_dedo: Momento del dedo.

$$br_t := L_{dedo} + b_{es} + \frac{L_{tal}}{2}$$

$$br_t = 1.225 \text{ m}$$

br_t: Brazo para el talón.

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 5.292 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_tal: Momento del talón.



$$\begin{aligned} br_{Rt} &:= br_t = 1.225 \text{ m} \\ M_{Rt} &:= br_{Rt} \cdot W_{Rt} \\ M_{Rt} &= 14.884 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

br_{Rt}: Brazo para el relleno sobre el talón.
M_{Rt}: Momento del relleno sobre el talón.

$$\begin{aligned} br_{Rd} &:= br_d = 0.15 \text{ m} \\ M_{Rd} &:= br_{Rd} \cdot W_{Rd} \\ M_{Rd} &= 0.891 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

br_{Rd}: Brazo para el relleno sobre el dedo.
M_{Rd}: Momento del relleno sobre el dedo.

$$br_{Ep} := \frac{h_{Rd} + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ep}: Brazo para el empuje pasivo.
M_{Ep}: Momento del empuje pasivo.

$$M_{Ep} := br_{Ep} \cdot Ep = 16.335 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$br_{col} := L_{tal} + \frac{b_{es}}{2} = 0.8 \text{ m}$$

br_{col}: Brazo para el peso de la columna.
M_{col}: Momento del peso de la columna.

$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 545.264 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\begin{aligned} M_{est} &:= M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col} \\ M_{est} &= 592.971 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

M_{est}: Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{PAE} := \frac{h_{Rd} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{PAE}: Brazo para el empuje dinámico de tierras.

$$\begin{aligned} M_{PAE} &:= br_{PAE} \cdot PAE \\ M_{PAE} &= 7.299 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

M_{PAE}: Momento del empuje dinámico de tierras.

$$br_{PIR} := \frac{h_{Rt} + e_t}{3} = 0.633 \text{ m}$$

br_{PIR}: Brazo masa del estribo.

$$\begin{aligned} M_{PIR} &:= br_{PIR} \cdot PIR \\ M_{PIR} &= 7.661 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

M_{PIR}: Momento de la masa del estribo.

$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{torre}: Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$\begin{aligned} M_{des} &:= M_{PAE} + M_{PIR} + M_{torre} \\ M_{des} &= 169.07 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

M_{des}: Momentos desestabilizantes.

$$Fs_{Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{(M_{PAE} \cdot 0.5) \cdot 1.5 + (M_{PIR} \cdot 1.0) \cdot 1.25 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$Fs_{Vol} = 3.251$$

F_s_{Vol}: Factor de seguridad al volcamiento.



```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1  
           || "NO CUMPLE"  
           else  
           || "CUMPLE"  
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.637 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 0.589 \text{ m}$$

$$B := L_{dedo} + b_{es} + L_{tal} = 1.45 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.242 \text{ m}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo, dato.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.136 \text{ m}$$

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.634 \text{ MPa}$$

e_{max} : Excentricidad máxima.

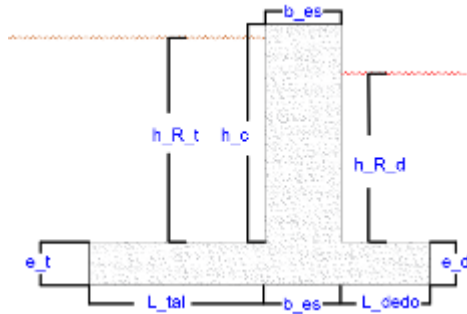
$$Fs_{asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 1.005$$

Fs_{asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1  
           || "NO CUMPLE"  
           else  
           || "CUMPLE"  
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

ESTRIBO RESISTENCIA I:

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 1.30 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.50 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 2.5 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 12.48 \text{ kN}$$

W_{tal} : Peso del talón.

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 4.8 \text{ kN}$$

W_{dedo} : Peso del dedo.

$$W_{R_t} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 35.1 \text{ kN}$$

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

$$W_{R_d} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_d} = 35.1 \text{ kN}$$

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

$$W_{col} := 681.58 \text{ kN}$$

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 784.18 \text{ kN}$$

W_{Tot} : Peso total del estribo.

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 352.881 \text{ kN}$$

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel\ rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 32.67 \text{ kN}$$

Ep : Fuerza del empuje pasivo.



$$Ea := 0.5 \cdot \gamma_{suel\ rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot K_{act} \cdot b_{dise}$$

$$Ea = 6.75 \text{ kN}$$

Ea: Fuerza del empuje activo.

Deslizamiento

$$fs_des := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{Ea \cdot 1.5} = 37.756$$

fs_des: Factor de seguridad al deslizamiento.

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O"
MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_dedo + \frac{b_es}{2}$$

br_c: Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.85 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_brazo$$

$$M_c = 34.272 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_c: Momento del brazo o cuerpo.

$$br_d := \frac{L_dedo}{2}$$

br_d: Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.25 \text{ m}$$

$$M_dedo := br_d \cdot W_dedo$$

$$M_dedo = 1.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_dedo: Momento del dedo.

$$br_t := L_dedo + b_es + \frac{L_tal}{2}$$

br_t: Brazo para el talón.

$$br_t = 1.85 \text{ m}$$

$$M_tal := br_t \cdot W_tal$$

$$M_tal = 23.088 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_tal: Momento del talón.

$$br_Rt := br_t = 1.85 \text{ m}$$

$$M_Rt := br_Rt \cdot W_R_t$$

$$M_Rt = 64.935 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_Rt: Brazo para el relleno sobre el talón.

M_Rt: Momento del relleno sobre el talón.

$$br_Rd := br_d = 0.25 \text{ m}$$

$$M_Rd := br_Rd \cdot W_R_d$$

$$M_Rd = 2.475 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_Rd: Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_Rd: Momento del relleno sobre el dedo.

$$br_Ep := \frac{h_{R_d} + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_Ep: Brazo para el empuje pasivo.



$$M_{Ep} := br_{Ep} \cdot Ep = 16.335 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{Ep} : Momento del empuje pasivo.

$$br_{col} := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_{col} : Brazo para el peso de la columna.

$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 579.343 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{col} : Momento del peso de la columna.

$$M_{est} := M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col}$$

$$M_{est} = 705.313 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{est} : Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{Ea} := \frac{h_{R_d} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ea} : Brazo para el empuje activo.

$$M_{Ea} := br_{Ea} \cdot Ea$$

$$M_{Ea} = 3.375 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{Ea} : Momento del empuje activo.

$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{torre} : Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$M_{des} := M_{Ea} + M_{torre} = 157.485 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$Fs_{Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{M_{Ea} \cdot 1.5 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$Fs_{Vol} = 4.091$$

Fs_{Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.637 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

Volcamiento Desde el Punto "C"

MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_c : Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.85 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

$$M_c = 34.272 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_c : Momento del brazo o cuerpo.

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d : Brazo para el dedo.



$$br_d = 0.25 \text{ m}$$

$$M_dedo := br_d \cdot W_dedo$$

$$M_dedo = 1.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
$$br_t := L_dedo + b_es + \frac{L_tal}{2}$$

$$br_t = 1.85 \text{ m}$$

$$M_tal := br_t \cdot W_tal$$

$$M_tal = 23.088 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rt := br_t = 1.85 \text{ m}$$

$$M_Rt := br_Rt \cdot W_Rt$$

$$M_Rt = 64.935 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rd := br_d = 0.25 \text{ m}$$

$$M_Rd := br_Rd \cdot W_Rd$$

$$M_Rd = 2.475 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Ep := \frac{h_Rd + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_Ep := br_Ep \cdot Ep = 16.335 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_col := L_dedo + \frac{b_es}{2}$$

$$M_col := br_col \cdot W_col = 579.343 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_est := M_c + M_dedo + M_tal + M_Rt + M_Rd + M_col$$

$$M_est = 705.313 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_Ea := \frac{h_Rd + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_Ea := br_Ea \cdot Ea$$

$$M_Ea = 3.375 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_torre := 233.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_des := M_Ea + M_torre = 236.995 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$a := \frac{M_est + M_Ep - M_des}{W_Tot}$$

$$a = 0.618 \text{ m}$$

M_dedo : Momento del dedo.

br_t : Brazo para el talón.

M_tal : Momento del talón.

br_Rt : Brazo para el relleno sobre el talón.

M_Rt : Momento del relleno sobre el talón.

br_Rd : Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_Rd : Momento del relleno sobre el dedo.

br_Ep : Brazo para el empuje pasivo.

M_Ep : Momento del empuje pasivo.

br_col : Brazo para el peso de la columna.

M_col : Momento del peso de la columna.

M_est : Momentos estabilizantes.

br_Ea : Brazo para el empuje activo.

M_Ea : Momento del empuje activo.

M_torre : Momento de la torre, dato SAP 2000.

M_des : Momentos desestabilizantes.

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.417 \text{ m}$$

e_{max} : Excentricidad máxima.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.632 \text{ m}$$

e : Excentricidad calculada.

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.634 \text{ MPa}$$

σ_v : Esfuerzo vertical que ejerce el estribo, incluyendo relleno.

$$Fs_{asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 1.005$$

Fs_{asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

DISEÑO DEL BRAZO:

$$f'c_{Ccto} := 21 \text{ MPa}$$

$$b_{dise} = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

$$\phi_{ref_Ppal} := \frac{3}{4} \text{ in}$$

ϕ_{ref_Ppal} : Diámetro refuerzo principal.

$$\phi_{ref_RyT} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

ϕ_{ref_RyT} : Diámetro refuerzo Retracción y Temperatura.

$$b_{es} = 0.7 \text{ m}$$

b_{es} : Espesor del brazo.

$$d_{br} := b_{es} - \left(recu + \phi_{ref_RyT} + \frac{\phi_{ref_Ppal}}{2} \right) = 0.603 \text{ m}$$

$$d_{br} = 0.603 \text{ m}$$

d_{br} : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

$$Vu_{br} := 0.9 \cdot Ep - 1.5 \cdot Ea$$

$$Vu_{br} = 19.278 \text{ kN}$$

Vu_{br} : Cortante último sobre el brazo.

$$Vc_{br} := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_{Ccto} \cdot \text{MPa}} \cdot b_{dise} \cdot d_{br}$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi Vc_{br} := \phi \cdot Vc_{br}$$

$$\phi Vc_{br} = 422.626 \text{ kN}$$

ϕVc_{br} : Cortante que soporta el brazo.

$$Fs_{V_{br}} := \frac{Vu_{br}}{\phi Vc_{br}} = 0.046$$

$Fs_{V_{br}}$: Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if Fs_V_br < 1.0
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

$$Mu_{br} := 1.5 \cdot M_{Ea} + M_{torre} \cdot 1.0 - 0.9 \cdot M_{Ep}$$

$$Mu_{br} = 223.981 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mu_{br} : Momento último en el brazo.

$$\phi := 0.9$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Mn := Mu_{br}$$

$$Fy_{var} := 420 \text{ MPa}$$

Fy_{var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'c_{Ccto} = 21 \text{ MPa}$$

$$d_{br} = 0.603 \text{ m}$$

Sólo Realices al menos una

```
As := 0 cm2

Mu_br = phi * Fy_var * As * (d_br - (As * Fy_var / (2 * 0.85 * f'c_Ccto * b_dise)))

As_req_br := find(As) = 10.026 cm2
```

$$As_{req_br} = 10.026 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As_{min_br} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_{br}$$

$$As_{min_br} = 19.892 \text{ cm}^2$$

$$As_{max_br} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_{br} = 81.977 \text{ cm}^2$$

$$As_{Ppal} := \frac{\phi_{ref_Ppal}^2}{4} \cdot \pi = 2.85023 \text{ cm}^2$$

$$\#_{barras} := \frac{As_{min_br}}{As_{Ppal}} = 6.979$$

$$\#_{barras_def} := 7$$

$$S_{barras} := \frac{b_{dise}}{\#_{barras_def}} = 0.143 \text{ m}$$

$$S_{min_barras} := \phi_{ref_Ppal} = 0.019 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_barras >= S_min_barras
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

$$As_{RyT_br} := 0.0018 \cdot b_{dise} \cdot d_{br} = 10.85 \text{ cm}^2$$

$$As_{RyT} := \frac{\phi_{ref} \cdot RyT^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_{bar_RyT} := \frac{As_{RyT_br}}{As_{RyT}} = 8.565$$

$$\#_{bar_RyT_def} := 9$$

$$S_{bar_RyT} := \frac{b_{dise}}{\#_{bar_RyT_def}} = 0.111 \text{ m}$$

$$S_{min_bar_RyT} := \phi_{ref} \cdot RyT = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_bar_RyT > S_min_bar_RyT
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

DISEÑO DEL TALON:

$$f'c_{Ccto} := 21 \text{ MPa}$$

$$b_{dise} = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

$$\phi_{ref_Ppal} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\phi_{ref_RyT} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$d_t := e_t - \left(recu + \frac{\phi_{ref_Ppal}}{2} \right) = 0.319 \text{ m}$$

$$d_t = 0.319 \text{ m}$$

$$Vu_t = 1.35 \cdot W_{R_t} + 1.25 \cdot W_{tal}$$

$$Vu_t = 62.985 \text{ kN}$$

$$Vc_t := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_{Ccto} \cdot MPa} \cdot b_{dise} \cdot d_t$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi Vc_t = \phi \cdot Vc_t$$

$$\phi Vc_t = 223.416 \text{ kN}$$

$$Fs_{V_t} := \frac{Vu_t}{\phi Vc_t} = 0.282$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

ϕ_{ref_Ppal} : Diámetro refuerzo principal.

ϕ_{ref_RyT} : Diámetro refuerzo Retracción y Temperatura.

e_t : Espesor del talón.

d_t : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

Vu_t : Cortante último sobre el talón.

ϕVc_t : Cortante que soporta el talón.

Fs_{V_t} : Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if  $F_s V_t < 1.0$ 
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

$$br_t := \frac{L_{tal}}{2} = 0.65 \text{ m}$$

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 8.112 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{Rt} := br_t = 0.65 \text{ m}$$

$$M_{Rt} := br_{Rt} \cdot W_{Rt}$$

$$M_{Rt} = 22.815 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{suel} := L_{tal} - 2 \cdot e = 0.036 \text{ m}$$

$$M_{suel} := \sigma_v \cdot br_{suel}^2 \cdot b_{dise} = 0.826 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu_t := 1.35 \cdot M_{Rt} + 1.25 M_{tal} - 1.35 \cdot M_{suel}$$

$$Mu_t = 39.826 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mu_t : Momento último en el talón

$$\phi := 0.9$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Mn := Mu_t$$

$$Fy_{var} := 420 \text{ MPa}$$

Fy_{var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'c_{Ccto} = 21 \text{ MPa}$$

$$d_t = 0.319 \text{ m}$$

$$As := 0 \text{ cm}^2$$

$$Mu_t = \phi \cdot Fy_{var} \cdot As \cdot \left(d_t - \frac{As \cdot Fy_{var}}{2 \cdot 0.85 \cdot f'c_{Ccto} \cdot b_{dise}} \right)$$

$$As_{req_t} := \text{find}(As) = 3.348 \text{ cm}^2$$

$$As_{req_t} = 3.348 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As_{min_t} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_t$$

$$As_{min_t} = 10.515 \text{ cm}^2$$

$$As_{max_t} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_t = 43.336 \text{ cm}^2$$

$$As_{Ppal} := \frac{\phi_{ref} P_{pal}^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_{barras} := \frac{As_{min_t}}{As_{Ppal}} = 8.301$$

$$\#_{barras_def} := 9$$

$$S_{barras} := \frac{b_{dise}}{\#_{barras_def}} = 0.111 \text{ m}$$

$$S_{min_barras} := \phi_{ref_Ppal} = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_barras >= S_min_barras
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

$$As_{RyT_t} := 0.0018 \cdot b_{dise} \cdot d_t = 5.736 \text{ cm}^2$$

$$As_{RyT} := \frac{\phi_{ref_RyT}^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_bar_RyT := \frac{As_{RyT_t}}{As_{RyT}} = 4.528$$

$$\#_bar_RyT_def := 5$$

$$S_bar_RyT := \frac{b_{dise}}{\#_bar_RyT_def} = 0.2 \text{ m}$$

$$S_{min_bar_RyT} := \phi_{ref_RyT} = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_bar_RyT >= S_min_bar_RyT
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

DISEÑO DEL DEDO:

$$f'c_{Ccto} := 21 \text{ MPa}$$

$$b_{dise} = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

$$\phi_{ref_Ppal} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\phi_{ref_RyT} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$e_d = 0.4 \text{ m}$$

$$d_d := e_d - \left(recu + \phi_{ref_RyT} + \frac{\phi_{ref_Ppal}}{2} \right) = 0.306 \text{ m}$$

$$d_d = 0.306 \text{ m}$$

$$Vu_d := 1.35 \cdot W_{R_t} + 1.25 \cdot W_{dedo}$$

$$Vu_d = 53.385 \text{ kN}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

ϕ_{ref_Ppal} : Diámetro refuerzo principal.

ϕ_{ref_RyT} : Diámetro refuerzo Retracción y Temperatura.

e_d : Espesor del dedo.

d_d : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo en el dedo.

Vu_d : Cortante último sobre el dedo.

$$V_{c_d} := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_Ccto \cdot MPa} \cdot b_dise \cdot d_d$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi V_{c_d} := \phi \cdot V_{c_d}$$

$$\phi V_{c_t} = 223.416 \text{ kN}$$

ϕV_{c_d} : Cortante que soporta el dedo.

$$F_{s_V_d} := \frac{V_{u_d}}{\phi V_{c_d}} = 0.249$$

$F_{s_V_d}$: Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if Fs_V_t < 1.0
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

$$br_d := \frac{L_dedo}{2} = 0.25 \text{ m}$$

$$M_dedo := br_d \cdot W_dedo$$

$$M_dedo = 1.2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rd := br_d = 0.25 \text{ m}$$

$$M_Rd := br_Rd \cdot W_R_d$$

$$M_Rd = 2.475 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_suel := L_dedo = 0.5 \text{ m}$$

$$M_suel := \sigma_v \cdot br_suel^2 \cdot b_dise = 158.603 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu_d := 1.35 \cdot M_suel - 1.25 M_dedo - 1.35 \cdot M_Rd$$

$$Mu_d = 209.272 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mu_d : Momento último en el dedo.

$$\phi := 0.9$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Mn := Mu_d$$

$$F_{y_var} := 420 \text{ MPa}$$

F_{y_var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'c_Ccto = 21 \text{ MPa}$$

$$d_d = 0.306 \text{ m}$$

```
Software de prueba
As := 0 cm2
Mu_d = phi * Fy_var * As * (d_d - (As * Fy_var / (2 * 0.85 * f'c_Ccto * b_dise)))
As_req_d := find(As) = 19.568 cm2
```

$$As_req_d = 19.568 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As_min_d := 0.0033 \cdot b_dise \cdot d_t$$

$$As_min_d = 10.515 \text{ cm}^2$$

$$As_max_d := 0.0136 \cdot b_dise \cdot d_t = 43.336 \text{ cm}^2$$

$$As_Ppal := \frac{\phi_ref_Ppal^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_barras := \frac{As_req_d}{As_Ppal} = 15.447$$

$$\#_barras_def := 16$$

$$S_barras := \frac{b_dise}{\#_barras_def} = 0.063 \text{ m}$$

$$S_min_barras := \phi_ref_Ppal = 0.013 \text{ m}$$

CHEQUEO := if $S_barras \geq S_min_barras$

|| "CUMPLE"

else

|| "NO CUMPLE"

CHEQUEO = "CUMPLE"

$$As_RyT_d := 0.0018 \cdot b_dise \cdot d_d = 5.507 \text{ cm}^2$$

$$As_RyT := \frac{\phi_ref_RyT^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_bar_RyT := \frac{As_RyT_d}{As_RyT} = 4.347$$

$$\#_bar_RyT_def := 5$$

$$S_bar_RyT := \frac{b_dise}{\#_bar_RyT_def} = 0.2 \text{ m}$$

$$S_min_bar_RyT := \phi_ref_RyT = 0.013 \text{ m}$$

CHEQUEO := if $S_bar_RyT \geq S_min_bar_RyT$

|| "CUMPLE"

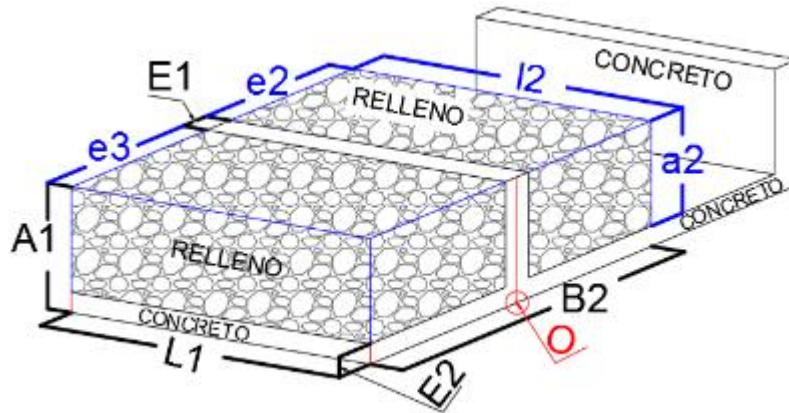
else

|| "NO CUMPLE"

CHEQUEO = "CUMPLE"

MACIZO DE ANCLAJE:

Representación de datos, Macizo de anclaje.



$$A1 := 2.10 \text{ m}$$

$$E1 := 0.70 \text{ m}$$

$$L1 := 6.00 \text{ m}$$

$$B2 := 2.30 \text{ m}$$

$$B3 := B2 - E1 = 1.6 \text{ m}$$

$$E2 := 0.50 \text{ m}$$

$$e2 := 1.00 \text{ m}$$

$$e3 := B2 - (E1 + e2) = 0.6 \text{ m}$$

$$l2 := L1 = 6 \text{ m}$$

$$a2 := A1 - E2 = 1.6 \text{ m}$$

$A1$: Altura macizo.

$E1$: Espesor macizo.

$L1$: Longitud macizo.

$B2$: Ancho macizo 2.

$B3$: Ancho aleta.

$E2$: Espesor macizo 2.

$e2$: Espesor Relleno.

$e3$: Espesor Relleno.

$l2$: Longitud Relleno.

$a2$: Altura Relleno.

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{suel_rell} := 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$Vol_{Ccto} := A1 \cdot E1 \cdot L1 + L1 \cdot B2 \cdot E2$$

$$Vol_{Ccto} = 15.72 \text{ m}^3$$

$$Vol_{Relleno} := e2 \cdot l2 \cdot a2 + e3 \cdot l2 \cdot a2$$

$$Vol_{Relleno} = 15.36 \text{ m}^3$$

$$W_{maci} := Vol_{Ccto} \cdot \gamma_{Ccto} + Vol_{Relleno} \cdot \gamma_{suel_rell}$$

$$W_{maci} = 638.4 \text{ kN}$$

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

γ_{suel_rell} : Peso específico del suelo de relleno.

Vol_{Ccto} : Volumen de Concreto.

$Vol_{Relleno}$: Volumen de Relleno.

W_{maci} : Peso del macizo de anclaje.

Materiales de interfaz	Factor de fricción $\tan(\delta)$	Ángulo de fricción δ°
Masa de hormigón en la seguida base de materiales:		
Sonido de roca limpio	0,7	35
Gravilla limpia, mezcla de gravilla y arena, arena gruesa	0,55 - 0,6	29 - 31
Arena fina limpia a media, arena media a gruesa limosa, arena gruesa limosa a gravilla arcillosa	0,45 - 0,55	

$$\phi_{suel} := 30^\circ$$

ϕ_{suel} : Ángulo de fricción del suelo.

$$\mu := 0.45$$

μ : Coeficiente de fricción del suelo.

$$\sigma_{adm} = 0.637 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

$$K_{act} := \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_{suel}}{2}\right) = 0.333$$

K_{act} : Coeficiente Activo del suelo.

$$K_{pav} := \frac{1}{K_{act}} = 3$$

K_{pav} : Coeficiente Pasivo del suelo.

Deslizamiento

$$\gamma_{suel_rell} = 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$F_{Roz} := W_{maci} \cdot \mu$$

F_{Roz} : Fuerza de rozamiento.

$$F_{Roz} = 287.28 \text{ kN}$$

$$Emp_{Pas} := \gamma_{suel_rell} \cdot \frac{(A1)^2}{2} \cdot (L1) \cdot K_{pav}$$

Emp_{Pas} : Empuje pasivo del suelo.

$$Emp_{Pas} = 674.73 \text{ kN}$$

$$Emp_{Act} := \gamma_{suel_rell} \cdot \frac{(A1)^2}{2} \cdot (L1) \cdot K_{act}$$

Emp_{Act} : Empuje activo del suelo.

$$Emp_{Act} = 74.97 \text{ kN}$$

$$R_x := 808.705 \text{ kN}$$

R_x : Reacción en X para cálculo de macizo de anclaje.

$$R_y := 388.178 \text{ kN}$$

R_y : Reacción en Y para cálculo de macizo de anclaje.

$$fs_Des := \frac{(F_Roz + Emp_Pas)}{(Rx + Emp_Act)}$$

$$fs_Des = 1.089$$

fs_Des: Factor de seguridad al deslizamiento.

```
CHEQUEO := if fs_Des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Levantamiento

$$W_maci = 638.4 \text{ kN}$$

$$fs_Lev := \frac{W_maci}{Ry}$$

$$fs_Lev = 1.645$$

fs_Lev: Factor de seguridad al levantamiento.

```
CHEQUEO := if fs_Lev < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O"

$$Rx = 808.705 \text{ kN}$$

$$Br_ten := A1$$

$$MRx := Rx \cdot Br_ten$$

$$MRx = 1698.281 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

Rx: Reacción del cable.

Br_ten: Brazo para tensión del cable.

MRx: Momento debido a la tensión del cable.

$$W_maci = 638.4 \text{ kN}$$

W_maci: Peso del macizo de anclaje.

$$Br_maci := \frac{L1}{2}$$

$$M_maci := W_maci \cdot Br_maci$$

M_maci: Momento del macizo de anclaje.

$$M_maci = 1915.2 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$Emp_Pas = 674.73 \text{ kN}$$

Emp_Pas: Fuerza del empuje pasivo.

$$Br_emp_pas := \frac{(A1)}{3}$$

$$M_EP := Emp_Pas \cdot Br_emp_pas$$

Br_emp_pas: Brazo del empuje pasivo.

M_PE: Momento del empuje pasivo.

$$M_EP = 472.311 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$



$$Br_emp_act := \frac{A1}{3}$$

$$Emp_Act = 74.97 \text{ kN}$$

$$M_EA := Emp_Act \cdot Br_emp_act$$
$$M_EA = 52.479 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Fs_Vol := \frac{M_maci + M_EP}{MRx + M_EA}$$

$$Fs_Vol = 1.364$$

```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Asentamiento:

$$\sigma_adm = 0.637 \text{ MPa}$$

$$Ar_maci := L1 \cdot B2$$
$$Ar_maci = 13.8 \text{ m}^2$$

$$\sigma_maci := \frac{W_maci}{Ar_maci}$$

$$\sigma_maci = 0.046 \text{ MPa}$$

$$Fs_asen := \frac{\sigma_adm}{\sigma_maci} = 13.779$$

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Br_emp_act: Brazo del empuje activo.

Emp_Act: Fuerza del empuje activo.

M_PE: Momento del empuje activo.

Fs_Vol: Factor de seguridad al volcamiento.

σ_adm: Capacidad portante del suelo.

Ar_maci: Área del macizo.

σ_maci: Capacidad portante del suelo.

Fs_asen: Factor de seguridad al asentamiento.



Cuantía de Acero para zarpa cimiento:

CARGA

$$f'c_Ccto := 21 \text{ MPa}$$

$f'c_Ccto_MPa$: Esfuerzo admisible del concreto.

$$L1 = 6 \text{ m}$$

$L1$: Longitud del macizo.

$$E2 := 0.50 \text{ m}$$

$E2$: Espesor macizo2.

$$a2 := A1 - E2 = 1.6 \text{ m}$$

$a2$: Altura Relleno.

$$b_dise := 1.0 \text{ m}$$

b_dise : Ancho de diseño.

$$\gamma_Ccto := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

γ_Ccto : Peso específico del concreto.

$$\gamma_suel_rell := 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

γ_suel_rell : Peso específico del suelo de relleno.

$$WD_Ccto := E2 \cdot b_dise \cdot \gamma_Ccto$$

WD_Ccto : Peso del concreto sobre m lineal.

$$WD_Ccto = 12 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$WD_rell := a2 \cdot b_dise \cdot \gamma_suel_rell$$

WD_rell : Peso del suelo de relleno sobre m lineal.

$$WD_rell = 27.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Vu_maci := 1.25 \cdot (WD_Ccto + WD_rell) \cdot \frac{L1}{2}$$

Vu_maci : Cortante último sobre el macizo.

$$Vu_maci = 147 \text{ kN}$$

$$recu := 7.5 \text{ cm}$$

$recu$: Concreto de recubrimiento.

$$\phi_var := \frac{1}{2} \text{ in}$$

ϕ_var : Diámetro de la varilla supuesta.

$$d_maci := E2 - \left(recu + \frac{\phi_var}{2} \right) = 0.419 \text{ m}$$

d_maci : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

$$Vc_maci := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_Ccto \cdot \text{MPa}} \cdot b_dise \cdot d_maci$$

$$\phi := 0.90$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Vc_maci := \phi \cdot Vc_maci$$

ϕVc_maci : Cortante admisible del macizo.

$$\phi Vc_maci = 293.53 \text{ kN}$$

$$Fs_V_maci := \frac{Vu_maci}{\phi Vc_maci} = 0.501$$

Fs_V_maci : Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if Fs_V_maci < 1.0
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

$$Mu_{maci} := 1.25 \cdot \left(\frac{WD_{Ccto} \cdot L1^2 + WD_{rell} \cdot L1^2}{8} \right)$$

Mu_{maci} : Momento último sobre el macizo.

$$Mu_{maci} = 220.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\phi := 0.9$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Mn := Mu_{maci}$$

$$Fy_{var} := 420 \text{ MPa}$$

Fy_{var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'c_{Ccto} = 21 \text{ MPa}$$

$recu$: Concreto de recubrimiento.

$$recu := 7.5 \text{ cm}$$

$$\phi_{var} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

ϕ_{var} : Diámetro de la varilla supuesta.

$$d_{maci} := E2 - \left(recu + \frac{\phi_{var}}{2} \right) = 0.419 \text{ m}$$

d_{maci} : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

$S_{\phi Mn}$	$As := 0 \text{ cm}^2$ $Mu_{maci} = \phi \cdot Fy_{var} \cdot As \cdot \left(d_{maci} - \frac{As \cdot Fy_{var}}{2 \cdot 0.85 \cdot f'c_{Ccto} \cdot b_{dise}} \right)$ $As_{req_maci} := \text{find}(As) = 14.527 \text{ cm}^2$
---------------	--

$$As_{req_maci} = 14.527 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As_{min_maci} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_{maci}$$

$$As_{min_maci} = 13.815 \text{ cm}^2$$

$$As_{max_maci} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_{maci} = 56.936 \text{ cm}^2$$

$$As_{var} := \frac{\phi_{var}^2}{4} \cdot \pi = 0.00013 \text{ m}^2$$

$$\#_{barras} := \frac{As_{req_maci}}{As_{var}} = 11.468$$

$$\#_{barras_def} := 12$$

$$S_{barras} := \frac{b_{dise}}{\#_{barras_def}} = 0.083 \text{ m}$$

$$As_{RyT_maci} := 0.0018 \cdot b_{dise} \cdot d_{maci} = 7.536 \text{ cm}^2$$

$$\#_{bar_RyT} := \frac{As_{RyT_maci}}{As_{var}} = 5.949$$

$$\#_{bar_RyT_def} := 6$$

$$S_{barras_RyT} := \frac{b_{dise}}{\frac{\#_{bar_RyT}}{2}} = 0.336 \text{ m}$$

Cuantía de Acero para pared del cimiento:

$$\gamma_{suel_sitio} := 17 \frac{kN}{m^3}$$

$$d_{pared} := E1 - \left(\frac{\phi_{var}}{2} + 7.5 \text{ cm} \right) = 0.619 \text{ m}$$

$$EH := \frac{1}{2} \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot a^2 \cdot K_{act} = 7.253 \frac{kN}{m}$$

$$E_{hp} := \frac{1}{2} \cdot \gamma_{suel_sitio} \cdot A1^2 \cdot K_{pav} = 112.455 \frac{kN}{m}$$

$$Vu_{par_maci} := 1.5 \cdot (EH \cdot b_{dise}) - 0.9 \cdot (E_{hp} \cdot b_{dise}) = -90.33 \text{ kN}$$

$$Vc_{par_maci} := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_{Ccto} \cdot MPa} \cdot b_{dise} \cdot d_{pared} = 481.952 \text{ kN}$$

$$Mu_{par_maci} := b_{dise} \cdot \left(1.5 E_{hp} \cdot \frac{A1}{3} - 0.9 \cdot EH \cdot \frac{a^2}{3} \right)$$

$$Mu_{par_maci} = 114.596 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Soñalibres@inecruceba	$As := 0 \text{ cm}^2$ $Mu_{par_maci} = \phi \cdot Fy_{var} \cdot As \cdot \left(d_{pared} - \frac{As \cdot Fy_{var}}{2 \cdot 0.85 \cdot f'c_{Ccto} \cdot b_{dise}} \right)$ $As_{req_par} := \text{find}(As) = 4.947 \text{ cm}^2$
-----------------------	--

$$As_{req_par} = 4.947 \text{ cm}^2$$

$$As_{min_p} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_{pared} = 20.415 \text{ cm}^2$$

$$As_{max_p} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_{pared} = 84.136 \text{ cm}^2$$

$$\#_{bar_p} := \frac{As_{min_p}}{As_{var}} = 16.116$$

$$\#_{bar_p_def} := 17$$

$$S_{bar_p} := \frac{b_{dise}}{\#_{bar_p_def}} = 0.059 \text{ m}$$

$$As_{RyT_par} := 0.0018 \cdot b_{dise} \cdot d_{pared} = 11.136 \text{ cm}^2$$

$$\#_{bar_RyT} := \frac{As_{RyT_par}}{As_{var}} = 8.791$$

$$\#_{bar_p_def} := 9$$

$$S_{bar_p} := \frac{b_{dise}}{\#_{bar_p_def}} = 0.111 \text{ m}$$

DISEÑO ESTRIBO: GRAVAS CON MUCHA ARENA,
CARACTERÍSTICAS DEL SUELO: CLASIFICACION D

VALORES MEDIOS PARA DIVERSAS CLASES DE TERRENO (Terzaghi)

TIPO DE TERRENO		Capacidad portante Kg/cm ²	Compresibilidad Kg/cm ³	Densidad Kg/m ³	Angulo de reposo
1	Materia orgánica húmeda	----	----		
1a	Compacta con arena fina	0.5 a 1.0	0.5 a 1.0	600 a 1100	----
2a	Suelo arable Compactado	1.5 a 2.5	1.0 a 1.5	650 a 1100	15
2b	Con alguna arena y graba	2.0 a 3.0	1.0 a 2.0	1400 a 1600	20
3a	Arena fina Húmeda	0.0 a 1.5	1.0 a 2.0	1800 a 2000	30
3b	Seca	2.5 a 3.0	4.0 a 6.0	1400 a 1600	30
4a	Terreno arcilloso Encharcado	0.5 a 1.0	2.0 a 3.0	1900	20
4b	Húmedo	1.5 a 2.5	2.5 a 3.5	1800	25
4c	Seco	3.0 a 5.0	3.0 a 6.0	1700 a 1800	25
4d	Muy seco	5.0 a 6.0	4.0 a 8.0	1800 a 1900	25
5a	Tierra/arena/fango				
5b	Con pocas piedras	1.0 a 3.0	5.0 a 8.0	1700 a 1800	30
	Con muchas piedras	2.0 a 4.0	8.0 a 10.0	1700 a 1800	25
6a	Gravas Fina con arena fina	4.5 a 6.0	6.0 a 9.0	1700 a 1800	30
6b	Media con arena fina	3.0 a 7.0	9.0 a 11.0	1700 a 1800	30
6c	Media con arena gruesa	4.0 a 7.0	10.0 a 12.0	1700 a 1800	35
6d	Gruesa con mucha arena	5.0 a 8.0	11.0 a 12.0	1800 a 2000	35
6e	Gruesa con poca arena	6.0 a 8.0	12.0 a 16.0	1800 a 2000	35
6f	Gruesa muy compacta	7.0 a 9.0	16.0 a 20.0	1800 a 2000	40
7a	Rocas Compactas o pocas fisuras	20 a 30		2200	
7b	Compactas con muchas fisuras	15 a 20		2100	
7c	Poco compactas con fisuras	10 a 15		1900	
7d	Fragmentada	6 a 10		1700	
Valores estimativos de capacidad de carga		Kg/cm ²	Kg/cm ³	Kg/m ³	Ang. Sexag.

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

$$\gamma_{suel_rell} := 17 \frac{kN}{m^3}$$

$$\phi_s := 30^\circ$$

$$\mu := 0.45$$

$$\sigma_{adm} := 4.0 \frac{kgf}{cm^2} = 0.392 MPa$$

γ_{suel_rell} : Peso específico del suelo de relleno.

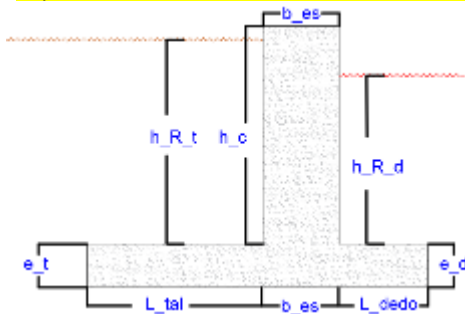
ϕ_s : Angulo de fricción del suelo.

μ : Coeficiente de fricción del suelo.

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

ESTRIBO EVENTO EXTREMO I (PAE + EQb):

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 0.95 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.30 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 1.95 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$\phi := 0.9$$

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

$$recu := 7.5 \text{ cm}$$

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

ϕ : Factor de reducción.

Fy_{var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$recu$: Concreto de recubrimiento.

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 9.12 \text{ kN}$$

W_{tal} : Peso del talón.

d_{maci} : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 2.88 \text{ kN}$$

W_{dedo} : Peso del dedo.

$$W_{R_t} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 24.225 \text{ kN}$$

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

$$W_{R_d} := \gamma_{suel\ rrell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_t} = 24.225 \text{ kN}$$

$$W_{col} := 681.58 \text{ kN}$$

$$As_{min\ maci} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_{maci}$$

$$As_{min\ maci} = 13.815 \text{ cm}^2$$

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 763.735 \text{ kN}$$

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 343.681 \text{ kN}$$

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

W_{Tot} : Peso total del estribo.

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Deslizamiento

Tabla 3.10.3.2-1 — Valores del factor de Sitio, F_{pga} , en el periodo 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

Notas:

1. Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA
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.

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$PGA := 0.30$$

$$F_{pga} := 1.10$$

$$kh := 1.2 \cdot F_{pga} \cdot PGA$$

$$kh = 0.396$$

$$kv := 0$$

$$\theta_{MO} := \text{atan} \left(\frac{kh}{1 - kv} \right)$$

Cuántía de Acero para pared del cimiento:

$$\theta_{MO} = 0.377 \text{ rad}$$

$$\theta_{MO} = 21.604^\circ$$

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$\delta := 30^\circ$$

$$\beta := 0^\circ$$

$$i := 0^\circ$$

Figura A11.3.1-1 — Diagramas de fuerza del método Mononobe-Okabe

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_{MO} - \beta)}{\cos \theta_{MO} \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cos(i - \beta)}} \right]^2 \quad (A11.3.1-1)$$

dónde:

- K_{AE} = coeficiente de presión sísmica activa del suelo (adim)
- γ = peso unitario del suelo (N/mm³)
- H = altura del muro (mm)
- h = altura del muro en la parte trasera del talón del muro considerando la altura de la sobrecarga inclinada, si la hay, (mm)
- ϕ_f = ángulo de fricción del suelo (grados)
- θ_{MO} = $\arctan[k_h/(1-k_v)]$ (grados)
- δ = ángulo de fricción en la interfase muro-relleno (grados)
- k_h = coeficiente de aceleración sísmica horizontal (adim)
- k_v = coeficiente de aceleración sísmica vertical (adim)
- i = ángulo de inclinación de la superficie del relleno (grados)
- β = inclinación del muro respecto de la vertical (negativo tal como se ilustra) (grados)

Tomado de:
CCP-14,
Sección 11.

$$KAE := \frac{\cos(\phi_s - \theta_{MO} - \beta)^2}{\cos(\theta_{MO}) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_s + \delta) \cdot \sin(\phi_s - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$KAE = 0.805$$

$$PAE := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot KAE \cdot b_{dise}$$

$$PAE = 15.39 \text{ kN}$$

PAE: Fuerza dinámica lateral debido a la presión de tierras.

$$Ep = 32.67 \text{ kN}$$

Ep: Empuje pasivo sobre el estribo.

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

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para periodo de vibración de 0.2s (Véase la Nota 1)				
	$S_g \leq 0.25$	$S_g = 0.50$	$S_g = 0.75$	$S_g = 1.00$	$S_g \geq 1.25$
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_g .
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.

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$Ss := 0.70$$

$$Ss1_tab := 0.50$$

$$Ss2_tab := 0.75$$

$$Fa1_tab := 1.2$$

$$Fa2_tab := 1.1$$

$$Fa := Fa2_tab + \left(\frac{(Fa1_tab - Fa2_tab) \cdot (Ss2_tab - Ss)}{Ss2_tab - Ss1_tab} \right) = 1.12$$

$$A_s := F_{pga} \cdot PGA = 0.33$$

$$SDS := F_a \cdot S_s = 0.784$$

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

Tipo de Perfil	Coeficiente de aceleración espectral para periodo 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.

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$S_1 := 0.30$$

$$F_v := 1.5 \text{ s}$$

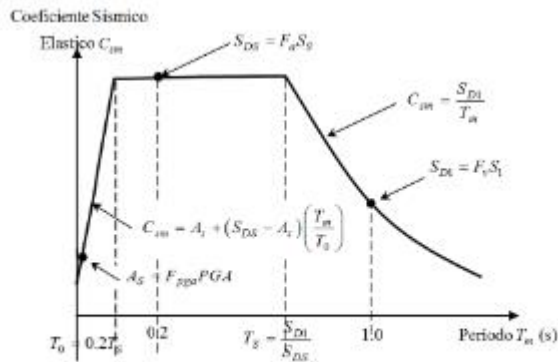


Figura 3.10.4.1-1 — Espectro de aceleraciones de diseño para 5% de amortiguamiento

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$SD1 := F_v \cdot S_1 = 0.45 \text{ s}$$

$$T_s := \frac{SD1}{SDS} = 0.574 \text{ s}$$

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $v_s \geq 1500$ m/s.
B	Perfil de roca de rigidez media con v_s en el intervalo $1500 \text{ m/s} > v_s > 760$ m/s.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, v_s en el intervalo $760 \text{ m/s} > v_s > 360$ m/s, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $N > 50$ golpes/pie, o $\bar{\rho}_s > 100$ kPa ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante v_s en el intervalo $360 \text{ m/s} > v_s > 180$ m/s, o perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: N en el intervalo 50 golpes/pie $> N \geq 15$ golpes/pie, o $\bar{\rho}_s$ en el intervalo $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{\rho}_s \geq 50$ kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$).
E	Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $v_s < 180$ m/s, o

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$V_s := 360 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$T_m := \frac{4 \cdot 0.8 \cdot H_t}{V_s} = 0.021 \text{ s}$$

T_m : Periodo medio del estribo.

$$Csm := SDS = 0.784$$

$$EQb := Csm \cdot \gamma_{Ccto} \cdot h_c \cdot b_{es} \cdot b_{dise} = 26.342 \text{ kN}$$

EQb: Fuerza de agitación del brazo o cuerpo.

$$fs_{des} := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{PAE \cdot 1.5 + EQb \cdot 1.25} = 6.661$$

fs_des: Factor de seguridad al deslizamiento.

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O" MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_c: Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.65 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

$$M_c = 26.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_c: Momento del brazo o cuerpo.

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d: Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := br_d \cdot W_{dedo}$$

$$M_{dedo} = 0.432 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_dedo: Momento del dedo.

$$br_t := L_{dedo} + b_{es} + \frac{L_{tal}}{2}$$

br_t: Brazo para el talón.

$$br_t = 1.475 \text{ m}$$

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 13.452 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_tal: Momento del talón.

$$br_{Rt} := br_t = 1.475 \text{ m}$$

$$M_{Rt} := br_{Rt} \cdot W_{R_t}$$

$$M_{Rt} = 35.732 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_Rt: Brazo para el relleno sobre el talón.

M_Rt: Momento del relleno sobre el talón.

$$br_{Rd} := br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_{Rd} := br_{Rd} \cdot W_{R_d}$$

$$M_{Rd} = 0.842 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_Rd: Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_Rd: Momento del relleno sobre el dedo.

$$br_{Ep} := \frac{h_{R_d} + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_Ep: Brazo para el empuje pasivo.



$$M_{Ep} := br_{Ep} \cdot Ep = 16.335 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{Ep} : Momento del empuje pasivo.

$$br_{col} := L_{tal} + \frac{b_{es}}{2} = 1.3 \text{ m}$$

br_{col} : Brazo para el peso de la columna.

$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 886.054 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{col} : Momento del peso de la columna.

$$M_{est} := M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col}$$

$$M_{est} = 962.719 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{est} : Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{PAE} := \frac{h_{R_d} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{PAE} : Brazo para el empuje dinámico de tierras.

$$M_{PAE} := br_{PAE} \cdot PAE$$

$$M_{PAE} = 7.695 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{PAE} : Momento del empuje dinámico de tierras.

$$br_{EQb} := \frac{h_{R_t} + e_t}{3} = 0.633 \text{ m}$$

br_{EQb} : Brazo para la agitación del cuerpo.

$$M_{EQb} := br_{EQb} \cdot EQb$$

$$M_{EQb} = 16.684 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{EQb} : Momento de la agitación del brazo.

$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{torre} : Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$M_{des} := M_{PAE} + M_{EQb} + M_{torre}$$

$$M_{des} = 178.489 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$Fs_{Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{M_{PAE} \cdot 1.5 + M_{EQb} \cdot 0.5 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$Fs_{Vol} = 5.074$$

Fs_{Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.392 \text{ MPa}$$

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 1.048 \text{ m}$$

$$B := L_{dedo} + b_{es} + L_{tal} = 1.95 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.325 \text{ m}$$

$$e := \frac{B}{2} - a = -0.073 \text{ m}$$

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.364 \text{ MPa}$$

$$Fs_{asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 1.077$$

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo, dato.

e_{max} : Excentricidad máxima.

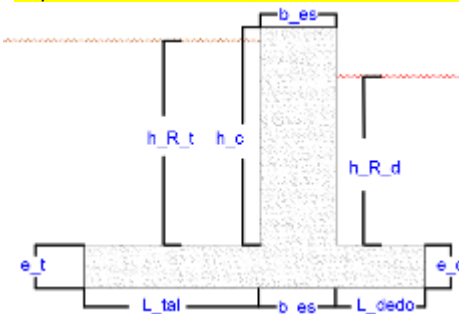
e : Excentricidad calculada.

σ_v : Esfuerzo vertical que ejerce el estribo, incluyendo relleno.

Fs_{asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

ESTRIBO EVENTO EXTREMO I (100% PAE + 50% PIR):

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 0.65 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.30 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 1.65 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.



$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{kN}{m^3}$$

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.
 W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 6.24 \text{ kN}$$

W_{tal} : Peso del talón.

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 2.88 \text{ kN}$$

W_{dedo} : Peso del dedo.

$$W_{R_t} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 16.575 \text{ kN}$$

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

$$W_{R_d} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_d} = 16.575 \text{ kN}$$

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

$$W_{col} := 651.58 \text{ kN}$$

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 723.205 \text{ kN}$$

W_{Tot} : Peso total del estribo.

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 325.442 \text{ kN}$$

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Deslizamiento

Tabla 3.10.3.2-1 — Valores del factor de Sitio, F_{ps} , 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

Notas:

- Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA .
- 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.

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$PGA := 0.30$$

$$F_{pga} := 1.10$$

$$kh := 1.2 \cdot F_{pga} \cdot PGA$$

$$kh = 0.396$$

$$kv := 0$$

$$\theta_{MO} := \text{atan} \left(\frac{kh}{1 - kv} \right)$$

$$\theta_{MO} = 0.377 \text{ rad}$$

$$\theta_{MO} = 21.604^\circ$$

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Interfaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconacidada muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

Tomado de: CCP-14,
Sección 3.

$$\delta := 30^\circ$$

$$\beta := 0^\circ$$

$$i := 0^\circ$$

Figura A11.3.1-1 — Diagramas de fuerza del método Mononobe-Okabe

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_{MO} - \beta)}{\cos \theta_{MO} \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cos(i - \beta)}} \right]^2 \quad (A11.3.1-1)$$

dónde:

- K_{AE} = coeficiente de presión sísmica activa del suelo (adim)
- γ = peso unitario del suelo (N/mm³)
- H = altura del muro (mm)
- h = altura del muro en la parte trasera del talón del muro considerando la altura de la sobrecarga inclinada, si la hay, (mm)
- ϕ_f = ángulo de fricción del suelo (grados)
- $\theta_{MO} = \arctan[k_h / (1 - k_v)]$ (grados)
- δ = ángulo de fricción en la interfase muro-relleno (grados)
- k_h = coeficiente de aceleración sísmica horizontal (adim)
- k_v = coeficiente de aceleración sísmica vertical (adim)
- i = ángulo de inclinación de la superficie del relleno (grados)
- β = inclinación del muro respecto de la vertical (negativo tal como se ilustra) (grados)

Tomado de: CCP-14,
Sección 11.

$$KAE := \frac{\cos(\phi_s - \theta_{MO} - \beta)^2}{\cos(\theta_{MO}) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_s + \delta) \cdot \sin(\phi_s - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$KAE = 0.805$$

$$PAE := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot KAE \cdot b_{dise}$$

$$PAE = 15.39 \text{ kN}$$

PAE: Fuerza dinámica lateral debido a la presión de tierras.

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 30.855 \text{ kN}$$

Ep: Empuje pasivo sobre el estribo.

$$W_M := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t}$$

$$W_M = 66.015 \text{ kN}$$

W_M: Peso total del estribo, incluye relleno del talón.

$$PIR := kh \cdot \gamma_{Ccto} \cdot h_{c} \cdot b_{es} \cdot b_{dise} = 13.306 \text{ kN}$$

PIR: Fuerza horizontal debida a la masa del estribo.



$$fs_des := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{(PAE \cdot 1.0) \cdot 1.5 + (PIR \cdot 0.5) \cdot 1.25} = 11.248$$

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O"

MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_dedo + \frac{b_es}{2}$$

br_c: Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 0.65 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_brazo$$

M_c: Momento del brazo o cuerpo.

$$M_c = 26.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_d := \frac{L_dedo}{2}$$

br_d: Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_dedo := br_d \cdot W_dedo$$

M_dedo: Momento del dedo.

$$M_dedo = 0.432 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_t := L_dedo + b_es + \frac{L_tal}{2}$$

br_t: Brazo para el talón.

$$br_t = 1.325 \text{ m}$$

$$M_tal := br_t \cdot W_tal$$

M_tal: Momento del talón.

$$M_tal = 8.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rt := br_t = 1.325 \text{ m}$$

br_Rt: Brazo para el relleno sobre el talón.

$$M_Rt := br_Rt \cdot W_R_t$$

M_Rt: Momento del relleno sobre el talón.

$$M_Rt = 21.962 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rd := br_d = 0.15 \text{ m}$$

br_Rd: Brazo para el relleno sobre el dedo.

$$M_Rd := br_Rd \cdot W_R_d$$

M_Rd: Momento del relleno sobre el dedo.

$$M_Rd = 0.842 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Ep := \frac{h_R_d + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_Ep: Brazo para el empuje pasivo.

$$M_Ep := br_Ep \cdot Ep = 15.428 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_Ep: Momento del empuje pasivo.

$$br_col := L_tal + \frac{b_es}{2} = 1 \text{ m}$$

br_col: Brazo para el peso de la columna.



$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 651.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{col} : Momento del peso de la columna.

$$M_{est} := M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col}$$

$$M_{est} = 709.291 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{est} : Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{PAE} := \frac{h_{R_d} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{PAE} : Brazo para el empuje dinámico de tierras.

$$M_{PAE} := br_{PAE} \cdot PAE$$

$$M_{PAE} = 7.695 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{PAE} : Momento del empuje dinámico de tierras.

$$br_{PIR} := \frac{h_{R_t} + e_t}{3} = 0.633 \text{ m}$$

br_{PIR} : Brazo masa del estribo.

$$M_{PIR} := br_{PIR} \cdot PIR$$

$$M_{PIR} = 8.427 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{PIR} : Momento de la masa del estribo.

$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{torre} : Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$M_{des} := M_{PAE} + M_{PIR} + M_{torre}$$

$$M_{des} = 170.232 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$Fs_{Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{(M_{PAE} \cdot 1.0) \cdot 1.5 + (M_{PIR} \cdot 0.5) \cdot 1.25 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$Fs_{Vol} = 3.825$$

Fs_{Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
```

CHEQUEO = "CUMPLE"

Fs_{Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.392 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 0.767 \text{ m}$$

$$B := L_{dedo} + b_{es} + L_{tal} = 1.65 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.275 \text{ m}$$

e_{max} : Excentricidad máxima.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.058 \text{ m}$$

e : Excentricidad calculada.

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.472 \text{ MPa}$$

σ_v : Esfuerzo vertical que ejerce el estribo, incluyendo relleno.

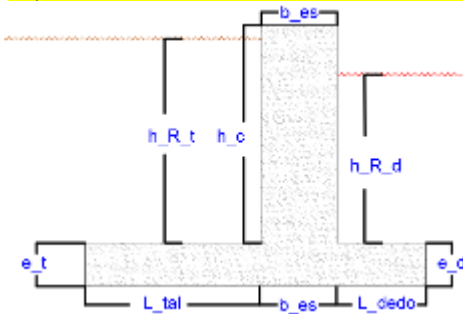
$$Fs_{asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 0.832$$

Fs_{asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "NO CUMPLE"
```

ESTRIBO EVENTO EXTREMO I (50% PAE + 100% PIR):

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

e_t : Espesor del talón.

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

e_d : Espesor del dedo.

$$L_{tal} := 0.65 \text{ m}$$

L_{tal} : Longitud del talón.

$$L_{dedo} := 0.30 \text{ m}$$

L_{dedo} : Longitud del dedo.

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

H_t : Altura total del estribo.

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 1.65 \text{ m}$$

B : Longitud total de la base del estribo.

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

W_{tal} : Peso del talón.

$$W_{tal} = 6.24 \text{ kN}$$

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

W_{dedo} : Peso del dedo.

$$W_{dedo} = 2.88 \text{ kN}$$

$$W_{R_t} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.



$$W_{R_t} = 16.575 \text{ kN}$$

$$W_{R_d} := \gamma_{suel_rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_t} = 16.575 \text{ kN}$$

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

$$W_{col} := 681.58 \text{ kN}$$

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 753.205 \text{ kN}$$

W_{Tot} : Peso total del estribo.

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 338.942 \text{ kN}$$

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Deslizamiento

Tabla 3.10.3.2-1 — Valores del factor de Sitio, F_{ps} , 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

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

Notas:

- Se debe usar una interpolación lineal para valores intermedios de PGA .
- 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.

$$PGA := 0.30$$

$$F_{pga} := 1.10$$

$$kh := 1.2 \cdot F_{pga} \cdot PGA$$

$$kh = 0.396$$

$$kv := 0$$

$$\theta MO := \text{atan} \left(\frac{kh}{1 - kv} \right)$$

$$\theta MO = 0.377 \text{ rad}$$

$$\theta MO = 21.604^\circ$$

Tabla 3.11.5.3-1 — Ángulo de fricción entre diferentes materiales (U.S. Department of the Navy, 1982a)

Materiales de Intertaz	Ángulo de Fricción, δ (grados)	Coefficiente de Fricción, $\tan \delta$ (adimensional)
Concreto masivo sobre los siguientes materiales de cimentación:		
• Roca intacta limpia	35	0.70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0.55 a 0.60
• Arena de fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0.45 a 0.55
• Arena fina limpia, arena limosa, o arcilla fina a media	19 a 24	0.34 a 0.45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0.31 a 0.34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0.40 a 0.49
• Arcilla rígida media y rígida y arcilla limosa	17 a 19	0.31 a 0.34
La mampostería sobre materiales de cimentación tiene los mismos factores.		

Tomado de: CCP-14, Sección 3.

$$\delta := 30^\circ$$

$$\beta := 0^\circ$$

$$i := 0^\circ$$

Figura A11.3.1-1 — Diagramas de fuerza del método Mononobe-Olcabe

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_{MO} - \beta)}{\cos \theta_{MO} \cos^2 \beta \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \times \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cos(i - \beta)} \right]^2 \quad (A11.3.1-1)$$

dónde:

- K_{AE} = coeficiente de presión sísmica activa del suelo (adim)
- γ = peso unitario del suelo (N/mm³)
- H = altura del muro (mm)
- h = altura del muro en la parte trasera del talón del muro considerando la altura de la sobrecarga inclinada, si la hay, (mm)
- ϕ_f = ángulo de fricción del suelo (grados)
- θ_{MO} = $\arctan[k_h/(1-k_v)]$ (grados)
- δ = ángulo de fricción en la interfase muro-relleno (grados)
- k_h = coeficiente de aceleración sísmica horizontal (adim)
- k_v = coeficiente de aceleración sísmica vertical (adim)
- i = ángulo de inclinación de la superficie del relleno (grados)
- β = inclinación del muro respecto de la vertical (negativo tal como se ilustra) (grados)

$$KAE := \frac{\cos(\phi_s - \theta_{MO} - \beta)^2}{\cos(\theta_{MO}) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta_{MO})} \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi_s + \delta) \cdot \sin(\phi_s - \theta_{MO} - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta_{MO}) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$KAE = 0.805$$

$$PAE := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot KAE \cdot b_{dise}$$

$$PAE = 15.39 \text{ kN}$$

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel_rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 30.855 \text{ kN}$$

$$W_M := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t}$$

$$W_M$$

$$PIR := kh \cdot \gamma_{Ccto} \cdot h_c \cdot b_{es} \cdot b_{dise} = 13.306 \text{ kN}$$

$$fs_des := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{(PAE \cdot 0.5) \cdot 1.5 + (PIR \cdot 1.0) \cdot 1.25} = 13.016$$

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O"
MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

$$br_c = 0.65 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

$$M_c = 26.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Tomado de: CCP-14, Sección 11.

PAE: Fuerza dinámica lateral debido a la presión de tierras.

Ep: Empuje pasivo sobre el estribo.

W_M: Peso total del estribo, incluye relleno del talón.

PIR: Fuerza horizontal debida a la masa del estribo.

br_c: Brazo para el cuerpo.

M_c: Momento del brazo o cuerpo.



$$br_d := \frac{L_dedo}{2}$$

$$br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_dedo := br_d \cdot W_dedo$$

$$M_dedo = 0.432 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_t := L_dedo + b_es + \frac{L_tal}{2}$$

$$br_t = 1.325 \text{ m}$$

$$M_tal := br_t \cdot W_tal$$

$$M_tal = 8.268 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rt := br_t = 1.325 \text{ m}$$

$$M_Rt := br_Rt \cdot W_Rt$$

$$M_Rt = 21.962 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Rd := br_d = 0.15 \text{ m}$$

$$M_Rd := br_Rd \cdot W_Rd$$

$$M_Rd = 0.842 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_Ep := \frac{h_R_d + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_Ep := br_Ep \cdot Ep = 15.428 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_col := L_tal + \frac{b_es}{2} = 1 \text{ m}$$

$$M_col := br_col \cdot W_col = 681.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_est := M_c + M_dedo + M_tal + M_Rt + M_Rd + M_col$$

$$M_est = 739.291 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_d: Brazo para el dedo.

M_dedo: Momento del dedo.

br_t: Brazo para el talón.

M_tal: Momento del talón.

br_Rt: Brazo para el relleno sobre el talón.

M_Rt: Momento del relleno sobre el talón.

br_Rd: Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_Rd: Momento del relleno sobre el dedo.

br_Ep: Brazo para el empuje pasivo.

M_Ep: Momento del empuje pasivo.

br_col: Brazo para el peso de la columna.

M_col: Momento del peso de la columna.

M_est: Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_PAE := \frac{h_R_d + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$M_PAE := br_PAE \cdot PAE$$

$$M_PAE = 7.695 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_PIR := \frac{h_R_t + e_t}{3} = 0.633 \text{ m}$$

$$M_PIR := br_PIR \cdot PIR$$

$$M_PIR = 8.427 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_PAE: Brazo para el empuje dinámico de tierras.

M_PAE: Momento del empuje dinámico de tierras.

br_PIR: Brazo masa del estribo.

M_PIR: Momento de la masa del estribo.



$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{torre} : Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$M_{des} := M_{PAE} + M_{PIR} + M_{torre}$$

$$M_{des} = 170.232 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$F_{s_Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{(M_{PAE} \cdot 0.5) \cdot 1.5 + (M_{PIR} \cdot 1.0) \cdot 1.25 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$F_{s_Vol} = 3.995$$

F_{s_Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

```
CHEQUEO := if  $F_{s\_Vol} < 1$ 
  || "NO CUMPLE"
  else
  || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.392 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 0.776 \text{ m}$$

$$B := L_{dedo} + b_{es} + L_{tal} = 1.65 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.275 \text{ m}$$

e_{max} : Excentricidad máxima.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.049 \text{ m}$$

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.485 \text{ MPa}$$

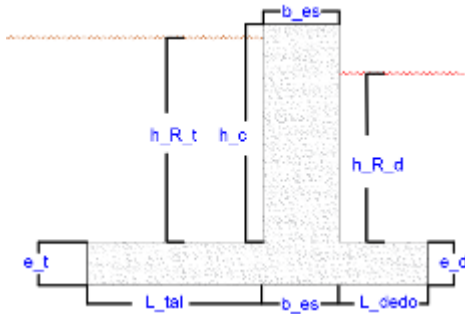
$$F_{s_asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 0.808$$

F_{s_asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if  $F_{s\_asen} < 1$ 
  || "NO CUMPLE"
  else
  || "CUMPLE"
CHEQUEO = "NO CUMPLE"
```

ESTRIBO RESISTENCIA I:

Representación de datos, dimensiones del estribo.



$$b_{dise} := 1 \text{ m}$$

$$b_{es} := 0.70 \text{ m}$$

$$h_c := 2.00 \text{ m}$$

$$e_t := 0.40 \text{ m}$$

$$e_d := e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$L_{tal} := 1.70 \text{ m}$$

$$L_{dedo} := 0.90 \text{ m}$$

$$h_{R_t} := 1.50 \text{ m}$$

$$h_{R_d} := 1.10 \text{ m}$$

$$H_t := h_c + e_d = 2.4 \text{ m}$$

$$B := L_{tal} + b_{es} + L_{dedo} = 3.3 \text{ m}$$

$$\gamma_{Ccto} := 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$W_{brazo} := \gamma_{Ccto} \cdot b_{es} \cdot (H_t) \cdot b_{dise}$$

$$W_{brazo} = 40.32 \text{ kN}$$

$$W_{tal} := \gamma_{Ccto} \cdot e_t \cdot L_{tal} \cdot b_{dise}$$

$$W_{tal} = 16.32 \text{ kN}$$

$$W_{dedo} := \gamma_{Ccto} \cdot e_d \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise}$$

$$W_{dedo} = 8.64 \text{ kN}$$

$$W_{R_t} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{tal} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_t}$$

$$W_{R_t} = 43.35 \text{ kN}$$

$$W_{R_d} := \gamma_{suel\ rell} \cdot L_{dedo} \cdot b_{dise} \cdot h_{R_d}$$

$$W_{R_d} = 43.35 \text{ kN}$$

$$W_{col} := 681.58 \text{ kN}$$

$$W_{Tot} := W_{brazo} + W_{tal} + W_{dedo} + W_{R_t} + W_{R_d} + W_{col}$$

$$W_{Tot} = 807.04 \text{ kN}$$

$$Fr := W_{Tot} \cdot \mu = 363.168 \text{ kN}$$

$$Ep := 0.5 \cdot \gamma_{suel\ rell} \cdot h_{R_d}^2 \cdot K_{pav} \cdot b_{dise}$$

$$Ep = 30.855 \text{ kN}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

b_{es} : Espesor del brazo o cuerpo.

h_c : Altura del brazo o cuerpo.

e_t : Espesor del talón.

e_d : Espesor del dedo.

L_{tal} : Longitud del talón.

L_{dedo} : Longitud del dedo.

h_{R_t} : Altura de relleno sobre el talón.

h_{R_d} : Altura de relleno sobre el dedo.

H_t : Altura total del estribo.

B : Longitud total de la base del estribo.

γ_{Ccto} : Peso específico del concreto.

W_{brazo} : Peso del brazo o cuerpo.

W_{tal} : Peso del talón.

W_{dedo} : Peso del dedo.

W_{R_t} : Peso del relleno sobre el talón.

W_{R_d} : Peso del relleno sobre el dedo.

W_{col} : Peso de la columna, dato SAP 2000.

W_{Tot} : Peso total del estribo.

Fr : Fuerza de fricción que ejerce el estribo sobre el suelo.

Ep : Fuerza del empuje pasivo.

$$Ea := 0.5 \cdot \gamma_{suel\ rell} \cdot h_{R_t}^2 \cdot K_{act} \cdot b_{dise}$$

$$Ea = 6.375 \text{ kN}$$

Ea : Fuerza del empuje activo.

Deslizamiento

$$fs_des := \frac{Ep \cdot 0.90 + Fr \cdot 1.0}{Ea \cdot 1.5} = 40.882$$

fs_des : Factor de seguridad al deslizamiento.

```
CHEQUEO := if fs_des < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Volcamiento Desde el Punto "O"
MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_es}{2}$$

br_c : Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 1.25 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

$$M_c = 50.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_c : Momento del brazo o cuerpo.

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d : Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.45 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := br_d \cdot W_{dedo}$$

$$M_{dedo} = 3.888 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{dedo} : Momento del dedo.

$$br_t := L_{dedo} + b_es + \frac{L_{tal}}{2}$$

br_t : Brazo para el talón.

$$br_t = 2.45 \text{ m}$$

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 39.984 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{tal} : Momento del talón.

$$br_{Rt} := br_t = 2.45 \text{ m}$$

$$M_{Rt} := br_{Rt} \cdot W_{R_t}$$

$$M_{Rt} = 106.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_{Rt} : Brazo para el relleno sobre el talón.

M_{Rt} : Momento del relleno sobre el talón.

$$br_{Rd} := br_d = 0.45 \text{ m}$$

$$M_{Rd} := br_{Rd} \cdot W_{R_d}$$

$$M_{Rd} = 7.574 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

br_{Rd} : Brazo para el relleno sobre el dedo.

M_{Rd} : Momento del relleno sobre el dedo.

$$br_{Ep} := \frac{h_{R_d} + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ep} : Brazo para el empuje pasivo.



$$M_{Ep} := br_{Ep} \cdot Ep = 15.428 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{Ep} : Momento del empuje pasivo.

$$br_{col} := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_{col} : Brazo para el peso de la columna.

$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 851.975 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{col} : Momento del peso de la columna.

$$M_{est} := M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col}$$

$$M_{est} = 1060.028 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{est} : Momentos estabilizantes.

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{Ea} := \frac{h_{R_d} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ea} : Brazo para el empuje activo.

$$M_{Ea} := br_{Ea} \cdot Ea$$

M_{Ea} : Momento del empuje activo.

$$M_{Ea} = 3.188 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{torre} := 154.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{torre} : Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$M_{des} := M_{Ea} + M_{torre} = 157.298 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$Fs_{Vol} := \frac{M_{est} \cdot 0.90 + M_{Ep} \cdot 1.0}{M_{Ea} \cdot 1.5 + M_{torre} \cdot 1.0}$$

$$Fs_{Vol} = 6.101$$

Fs_{Vol} : Factor de seguridad al volcamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_Vol < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

Asentamiento:

$$\sigma_{adm} = 0.392 \text{ MPa}$$

σ_{adm} : Capacidad portante del suelo.

Volcamiento Desde el Punto "C"

MOMENTOS ESTABILIZANTES:

$$br_c := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_c : Brazo para el cuerpo.

$$br_c = 1.25 \text{ m}$$

$$M_c := br_c \cdot W_{brazo}$$

M_c : Momento del brazo o cuerpo.

$$M_c = 50.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_d := \frac{L_{dedo}}{2}$$

br_d : Brazo para el dedo.

$$br_d = 0.45 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := br_d \cdot W_{dedo}$$

$$M_{dedo} = 3.888 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{dedo} : Momento del dedo.

$$br_t := L_{dedo} + b_{es} + \frac{L_{tal}}{2}$$

br_t : Brazo para el talón.

$$br_t = 2.45 \text{ m}$$

M_{tal} : Momento del talón.

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 39.984 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{Rt} := br_t = 2.45 \text{ m}$$

br_{Rt} : Brazo para el relleno sobre el talón.

$$M_{Rt} := br_{Rt} \cdot W_{Rt}$$

M_{Rt} : Momento del relleno sobre el talón.

$$M_{Rt} = 106.208 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{Rd} := br_d = 0.45 \text{ m}$$

br_{Rd} : Brazo para el relleno sobre el dedo.

$$M_{Rd} := br_{Rd} \cdot W_{Rd}$$

M_{Rd} : Momento del relleno sobre el dedo.

$$M_{Rd} = 7.574 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{Ep} := \frac{h_{Rd} + e_d}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ep} : Brazo para el empuje pasivo.

$$M_{Ep} := br_{Ep} \cdot Ep = 15.428 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{Ep} : Momento del empuje pasivo.

$$br_{col} := L_{dedo} + \frac{b_{es}}{2}$$

br_{col} : Brazo para el peso de la columna.

$$M_{col} := br_{col} \cdot W_{col} = 851.975 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{col} : Momento del peso de la columna.

$$M_{est} := M_c + M_{dedo} + M_{tal} + M_{Rt} + M_{Rd} + M_{col}$$

M_{est} : Momentos estabilizantes.

$$M_{est} = 1060.028 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

MOMENTOS DESESTABILIZANTES:

$$br_{Ea} := \frac{h_{Rd} + e_t}{3} = 0.5 \text{ m}$$

br_{Ea} : Brazo para el empuje activo.

$$M_{Ea} := br_{Ea} \cdot Ea$$

M_{Ea} : Momento del empuje activo.

$$M_{Ea} = 3.188 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{torre} := 233.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{torre} : Momento de la torre, dato SAP 2000.

$$M_{des} := M_{Ea} + M_{torre} = 236.808 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{des} : Momentos desestabilizantes.

$$a := \frac{M_{est} + M_{Ep} - M_{des}}{W_{Tot}}$$

$$a = 1.039 \text{ m}$$

$$e_{max} := \frac{B}{6} = 0.55 \text{ m}$$

e_{max} : Excentricidad máxima.

$$e := \frac{B}{2} - a = 0.611 \text{ m}$$

e : Excentricidad calculada.

$$\sigma_v := \frac{W_{Tot}}{(B - (2 \cdot e)) \cdot b_{dise}} = 0.388 \text{ MPa}$$

σ_v : Esfuerzo vertical que ejerce el estribo, incluyendo relleno.

$$Fs_{asen} := \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_v} = 1.01$$

Fs_{asen} : Factor de seguridad al asentamiento.

```
CHEQUEO := if Fs_asen < 1
           || "NO CUMPLE"
           else
           || "CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

DISEÑO DEL BRAZO:

$$f'c_{Ccto} := 21 \text{ MPa}$$

$$b_{dise} = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

$$\phi_{ref_Ppal} := \frac{3}{4} \text{ in}$$

ϕ_{ref_Ppal} : Diámetro refuerzo principal.

$$\phi_{ref_RyT} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

ϕ_{ref_RyT} : Diámetro refuerzo Retracción y Temperatura.

$$b_{es} = 0.7 \text{ m}$$

b_{es} : Espesor del brazo.

$$d_{br} := b_{es} - \left(recu + \phi_{ref_RyT} + \frac{\phi_{ref_Ppal}}{2} \right) = 0.603 \text{ m}$$

$$d_{br} = 0.603 \text{ m}$$

d_{br} : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

$$Vu_{br} := 0.9 \cdot Ep - 1.5 \cdot Ea$$

$$Vu_{br} = 18.207 \text{ kN}$$

Vu_{br} : Cortante último sobre el brazo.

$$Vc_{br} := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_{Ccto} \cdot \text{MPa}} \cdot b_{dise} \cdot d_{br}$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi Vc_{br} := \phi \cdot Vc_{br}$$

$$\phi Vc_{br} = 422.626 \text{ kN}$$

ϕVc_{br} : Cortante que soporta el brazo.

$$Fs_{V_{br}} := \frac{Vu_{br}}{\phi Vc_{br}} = 0.043$$

$Fs_{V_{br}}$: Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if  $F_s V_{br} < 1.0$ 
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

$$M_{u_br} := 1.5 \cdot M_{Ea} + M_{torre} \cdot 1.0 - 0.9 \cdot M_{Ep}$$

$$M_{u_br} = 224.517 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{u_br} : Momento último en el brazo.

$$\phi := 0.9$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi M_n := M_{u_br}$$

$$F_{y_var} := 420 \text{ MPa}$$

F_{y_var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'c_{Ccto} = 21 \text{ MPa}$$

$$d_{br} = 0.603 \text{ m}$$

Software de Estructuras

$$A_s := 0 \text{ cm}^2$$

$$M_{u_br} = \phi \cdot F_{y_var} \cdot A_s \cdot \left(d_{br} - \frac{A_s \cdot F_{y_var}}{2 \cdot 0.85 \cdot f'c_{Ccto} \cdot b_{dise}} \right)$$

$$A_{s_req_br} := \text{find}(A_s) = 10.051 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_req_br} = 10.051 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s_min_br} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_{br}$$

$$A_{s_min_br} = 19.892 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_max_br} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_{br} = 81.977 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_Ppal} := \frac{\phi_{ref_Ppal}^2}{4} \cdot \pi = 2.85023 \text{ cm}^2$$

$$\#_barras := \frac{A_{s_min_br}}{A_{s_Ppal}} = 6.979$$

$$\#_barras_def := 7$$

$$S_barras := \frac{b_{dise}}{\#_barras_def} = 0.143 \text{ m}$$

$$S_min_barras := \phi_{ref_Ppal} = 0.019 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if  $S\_barras \geq S\_min\_barras$ 
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```



$$A_{s_RyT_br} := 0.0018 \cdot b_dise \cdot d_br = 10.85 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_RyT} := \frac{\phi_ref_RyT^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_bar_RyT := \frac{A_{s_RyT_br}}{A_{s_RyT}} = 8.565$$

$$\#_bar_RyT_def := 9$$

$$S_bar_RyT := \frac{b_dise}{\#_bar_RyT_def} = 0.111 \text{ m}$$

$$S_min_bar_RyT := \phi_ref_RyT = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_bar_RyT > S_min_bar_RyT
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

DISEÑO DEL TALÓN:

$$f'c_Ccto := 21 \text{ MPa}$$

$$b_dise = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

$$\phi_ref_Ppal := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\phi_ref_RyT := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$e_t = 0.4 \text{ m}$$

$$d_t := e_t - \left(recu + \frac{\phi_ref_Ppal}{2} \right) = 0.319 \text{ m}$$

$$d_t = 0.319 \text{ m}$$

$$Vu_t := 1.35 \cdot W_R_t + 1.25 \cdot W_tal$$

$$Vu_t = 78.923 \text{ kN}$$

$$Vc_t := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_Ccto \cdot \text{MPa}} \cdot b_dise \cdot d_t$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi Vc_t := \phi \cdot Vc_t$$

$$\phi Vc_t = 223.416 \text{ kN}$$

$$Fs_V_t := \frac{Vu_t}{\phi Vc_t} = 0.353$$

b_dise : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

ϕ_ref_Ppal : Diámetro refuerzo principal.

ϕ_ref_RyT : Diámetro refuerzo Retracción y Temperatura.

e_t : Espesor del talón.

d_t : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

Vu_t : Cortante último sobre el talón.

ϕVc_t : Cortante que soporta el talón.

Fs_V_t : Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if Fs_V_t < 1.0
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

$$br_t := \frac{L_{tal}}{2} = 0.85 \text{ m}$$

$$M_{tal} := br_t \cdot W_{tal}$$

$$M_{tal} = 13.872 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{Rt} := br_t = 0.85 \text{ m}$$

$$M_{Rt} := br_{Rt} \cdot W_{R_t}$$

$$M_{Rt} = 36.848 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$br_{suel} := L_{tal} - 2 \cdot e = 0.478 \text{ m}$$

$$M_{suel} := \sigma_v \cdot br_{suel}^2 \cdot b_{dise} = 88.846 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mu_t := 1.35 \cdot M_{Rt} + 1.25 M_{tal} - 1.35 \cdot M_{suel}$$

$$Mu_t = -52.858 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Mu_t : Momento último en el talón

$$\phi := 0.9$$

ϕ : Factor de reducción.

$$\phi Mn := Mu_t$$

$$Fy_{var} := 420 \text{ MPa}$$

Fy_{var} : Esfuerzo de

$$f'c_{Ccto} = 21 \text{ MPa}$$

fluencia de las varillas.

$$d_t = 0.319 \text{ m}$$

Soluciones de prueba

```
As := 0 cm2
Mu_t = phi * Fy_var * As * (d_t - (As * Fy_var) / (2 * 0.85 * f'c_Ccto * b_dise))
As_req_t := find(As) = -4.319 cm2
```

$$As_{req_t} = -4.319 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As_{min_t} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_t$$

$$As_{min_t} = 10.515 \text{ cm}^2$$

$$As_{max_t} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_t = 43.336 \text{ cm}^2$$

$$As_{Ppal} := \frac{\phi_{ref} Ppal^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_{barras} := \frac{As_{min_t}}{As_{Ppal}} = 8.301$$

$$\#_{barras_def} := 9$$

$$S_{barras} := \frac{b_{dise}}{\#_{barras_def}} = 0.111 \text{ m}$$

$$S_{min_barras} := \phi_{ref} Ppal = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_barras >= S_min_barras
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
```

CHEQUEO = " CUMPLE"

$$As_{RyT_t} := 0.0018 \cdot b_{dise} \cdot d_t = 5.736 \text{ cm}^2$$

$$As_{RyT} := \frac{\phi_{ref} \cdot RyT^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_{bar_RyT} := \frac{As_{RyT_t}}{As_{RyT}} = 4.528$$

$$\#_{bar_RyT_def} := 5$$

$$S_{bar_RyT} := \frac{b_{dise}}{\#_{bar_RyT_def}} = 0.2 \text{ m}$$

$$S_{min_bar_RyT} := \phi_{ref} \cdot RyT = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_bar_RyT >= S_min_bar_RyT
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
```

CHEQUEO = " CUMPLE"

DISEÑO DEL DEDO:

$$f'c_{Ccto} := 21 \text{ MPa}$$

$$b_{dise} = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

$$\phi_{ref_Ppal} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$\phi_{ref_RyT} := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$e_d = 0.4 \text{ m}$$

$$d_d := e_d - \left(recu + \phi_{ref_RyT} + \frac{\phi_{ref_Ppal}}{2} \right) = 0.306 \text{ m}$$

$$d_d = 0.306 \text{ m}$$

$$Vu_d := 1.35 \cdot W_{R_t} + 1.25 \cdot W_{dedo}$$

$$Vu_d = 69.323 \text{ kN}$$

$$Vc_d := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_{Ccto}} \cdot \text{MPa} \cdot b_{dise} \cdot d_d$$

$$\phi := 0.90$$

b_{dise} : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

ϕ_{ref_Ppal} : Diámetro refuerzo principal.

ϕ_{ref_RyT} : Diámetro refuerzo Retracción y Temperatura.

e_d : Espesor del dedo.

d_d : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo en el dedo.

Vu_d : Cortante último sobre el dedo.

$$\phi V_{c_d} := \phi \cdot V_{c_d}$$

$$\phi V_{c_t} = 223.416 \text{ kN}$$

ϕV_{c_d} : Cortante que soporta el dedo.

$$F_{s_V_d} := \frac{V_{u_d}}{\phi V_{c_d}} = 0.323$$

$F_{s_V_d}$: Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if Fs_V_t < 1.0
           || "CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = "CUMPLE"
```

$$b_{r_d} := \frac{L_{dedo}}{2} = 0.45 \text{ m}$$

$$M_{dedo} := b_{r_d} \cdot W_{dedo}$$

$$M_{dedo} = 3.888 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b_{r_Rd} := b_{r_d} = 0.45 \text{ m}$$

$$M_{Rd} := b_{r_Rd} \cdot W_{R_d}$$

$$M_{Rd} = 7.574 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$b_{r_suel} := L_{dedo} = 0.9 \text{ m}$$

$$M_{suel} := \sigma_v \cdot b_{r_suel}^2 \cdot b_{dise} = 314.532 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{u_d} := 1.35 \cdot M_{suel} - 1.25 M_{dedo} - 1.35 \cdot M_{Rd}$$

$$M_{u_d} = 409.535 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{u_d} : Momento último en el dedo.
 ϕ : Factor de reducción.

$$\phi := 0.9$$

$$\phi M_n := M_{u_d}$$

$$F_{y_var} := 420 \text{ MPa}$$

F_{y_var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'_{c_Ccto} = 21 \text{ MPa}$$

$$d_d = 0.306 \text{ m}$$

$$A_s := 0 \text{ cm}^2$$

$$M_{u_d} = \phi \cdot F_{y_var} \cdot A_s \cdot \left(d_d - \frac{A_s \cdot F_{y_var}}{2 \cdot 0.85 \cdot f'_{c_Ccto} \cdot b_{dise}} \right)$$

$$A_{s_req_d} := \text{find}(A_s) = 42.288 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_req_d} = 42.288 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{s_min_d} := 0.0033 \cdot b_{dise} \cdot d_t$$

$$A_{s_min_d} = 10.515 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_max_d} := 0.0136 \cdot b_{dise} \cdot d_t = 43.336 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_Ppal} := \frac{\phi_{ref_Ppal}^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_barras := \frac{As_req_d}{As_Ppal} = 33.383$$

$$\#_barras_def := 34$$

$$S_barras := \frac{b_dise}{\#_barras_def} = 0.029 \text{ m}$$

$$S_min_barras := \phi_ref_Ppal = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_barras >= S_min_barras
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

$$As_RyT_d := 0.0018 \cdot b_dise \cdot d_d = 5.507 \text{ cm}^2$$

$$As_RyT := \frac{\phi_ref_RyT^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_bar_RyT := \frac{As_RyT_d}{As_RyT} = 4.347$$

$$\#_bar_RyT_def := 5$$

$$S_bar_RyT := \frac{b_dise}{\#_bar_RyT_def} = 0.2 \text{ m}$$

$$S_min_bar_RyT := \phi_ref_RyT = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_bar_RyT >= S_min_bar_RyT
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```




DISEÑO DE LA ZAPATA PARA SOPORTE DE RAMPA DE ACCESO:

$$\gamma_{suel_rell} = 17 \frac{kN}{m^3}$$

$$f'c_Ccto := 21 \text{ MPa}$$

$$b_dise = 1 \text{ m}$$

$$recu := 0.075 \text{ m}$$

$$h_r := 1.0 \text{ m}$$

$$\phi_ref_Ppal := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$e_Z := 0.20 \text{ m}$$

$$d_Z := e_Z - \left(recu + \frac{\phi_ref_Ppal}{2} \right) = 0.119 \text{ m}$$

$$d_Z = 0.119 \text{ m}$$

$$\sigma_adm := 1.5 \frac{kgf}{cm^2} = 0.147 \text{ MPa}$$

$$qe := \sigma_adm - (e_Z \cdot \gamma_Ccto + h_r \cdot \gamma_suel_rell)$$
$$qe = 0.125 \text{ MPa}$$

$$Pu := 106.03 \text{ kN}$$

$$A := \frac{Pu}{qe} = 0.846 \text{ m}^2$$

$$bw_cal := \sqrt{A} = 0.92 \text{ m}$$

$$bw_def := 0.95 \text{ m}$$

$$A_def := bw_def^2 = 0.903 \text{ m}^2$$

$$qu := \frac{Pu}{A_def} = 117.485 \text{ kPa}$$

$$a_col := 4 \text{ in} = 0.102 \text{ m}$$

$$L_su := \left(\frac{bw_def}{2} - \frac{a_col}{2} - d_Z \right)$$

$$L_su = 0.306 \text{ m}$$

$$Vu_z := qu \cdot bw_def \cdot L_su$$

$$Vu_z = 34.103 \text{ kN}$$

$$Vc_z := 0.17 \cdot \sqrt{f'c_Ccto} \cdot MPa \cdot bw_def \cdot d_Z$$

$$\phi := 0.90$$

$$\phi Vc_z := \phi \cdot Vc_z$$

$$\phi Vc_z = 79.03 \text{ kN}$$

b_dise : Ancho de diseño.

$recu$: Recubrimiento.

h_r : Altura de relleno.

ϕ_ref_Ppal : Diámetro refuerzo principal.

e_Z : Espesor de la Zapata.

d_Z : Distancia hasta centro de gravedad del refuerzo

σ_adm : Esfuerzo admisible del suelo, arena.

qe : Presión efectiva sobre el suelo.

Pu : Carga última, dato SAP 2000

A : Area efectiva de la zapata.

bw : Ancho calculado de la zapata.

bw_def : Ancho definitivo de la zapata.

A_def : Área definitiva de la zapata.

qu : Esfuerzo último sobre el suelo.

a_col : Ancho de la columna.

Vu : Cortante último en la zapata.

ϕVc_t : Cortante que soporta el talón.

$$F_{s_V_t} := \frac{V_{u_z}}{\phi V_{c_z}} = 0.432$$

$F_{s_V_t}$: Factor de seguridad al cortante.

```
CHEQUEO := if  $F_{s\_V\_t} < 1.0$ 
  || " CUMPLE"
  else
  || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

$$M_{u_z} := q_u \cdot bw_def \cdot 0.5 \cdot (bw_def - a_col) \cdot \left(\frac{bw_def}{2} - \frac{a_col}{2} \right)$$

$$M_{u_z} = 16.162 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

M_{u_z} : Momento último en la zapata.
 ϕ : Factor de reducción.

$$\phi := 0.9$$

$$\phi M_n := M_{u_z}$$

$$F_{y_var} := 420 \text{ MPa}$$

F_{y_var} : Esfuerzo de fluencia de las varillas.

$$f'c_Ccto = 21 \text{ MPa}$$

$$d_Z = 0.119 \text{ m}$$

```
As := 0 cm2
Mu_z = phi * Fy_var * As * (d_Z - (As * Fy_var / (2 * 0.85 * f'c_Ccto * bw_def)))
As_req_z := find(As) = 4.71 cm2
```

$$As_req_z = 4.71 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$As_min_z := 0.0033 \cdot bw_def \cdot d_Z$$

$$As_min_z = 3.72 \text{ cm}^2$$

$$As_max_z := 0.0136 \cdot bw_def \cdot d_Z = 15.33 \text{ cm}^2$$

$$As_Ppal := \frac{\phi_ref_Ppal^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_barras := \frac{As_req_z}{As_Ppal} = 3.718$$

$$\#_barras_def := 4$$

$$S_barras := \frac{bw_def - 2 \cdot recu}{\#_barras_def} = 0.2 \text{ m}$$

$$S_min_barras := \phi_ref_Ppal = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if  $S\_barras \geq S\_min\_barras$ 
  || " CUMPLE"
  else
  || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```



$$A_{s_RyT_t} := 0.0018 \cdot b_{dise} \cdot d_t = 5.736 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_RyT} := \frac{\phi_{ref_RyT}^2}{4} \cdot \pi = 1.26677 \text{ cm}^2$$

$$\#_bar_RyT := \frac{A_{s_RyT_t}}{A_{s_RyT}} = 4.528$$

$$\#_bar_RyT_def := 5$$

$$S_bar_RyT := \frac{b_{dise}}{\#_bar_RyT_def} = 0.2 \text{ m}$$

$$S_min_bar_RyT := \phi_{ref_RyT} = 0.013 \text{ m}$$

```
CHEQUEO := if S_bar_RyT >= S_min_bar_RyT
           || " CUMPLE"
           else
           || "NO CUMPLE"
CHEQUEO = " CUMPLE"
```

13.5. DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN SAP 2000

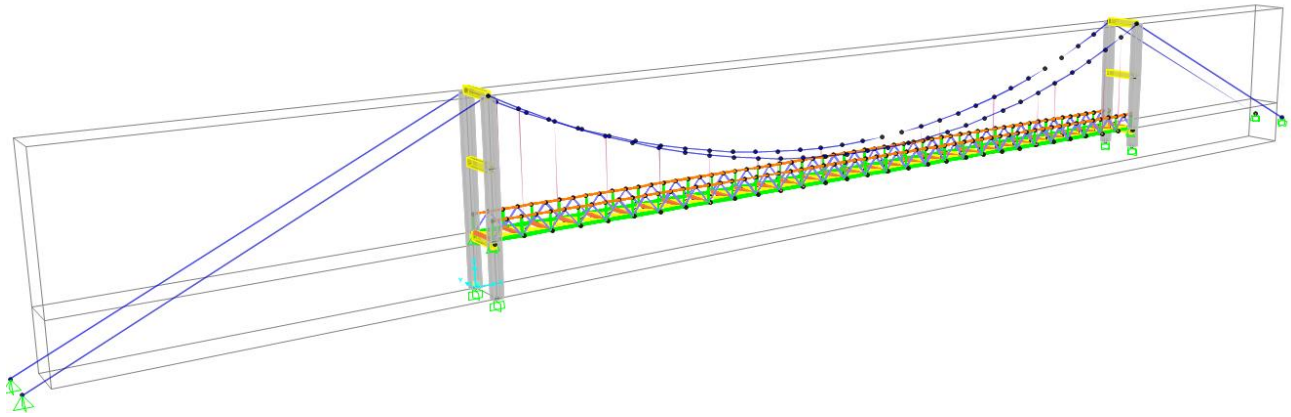


Ilustración 49. Puente colgante modelado en SAP 2000. Fuente: propia

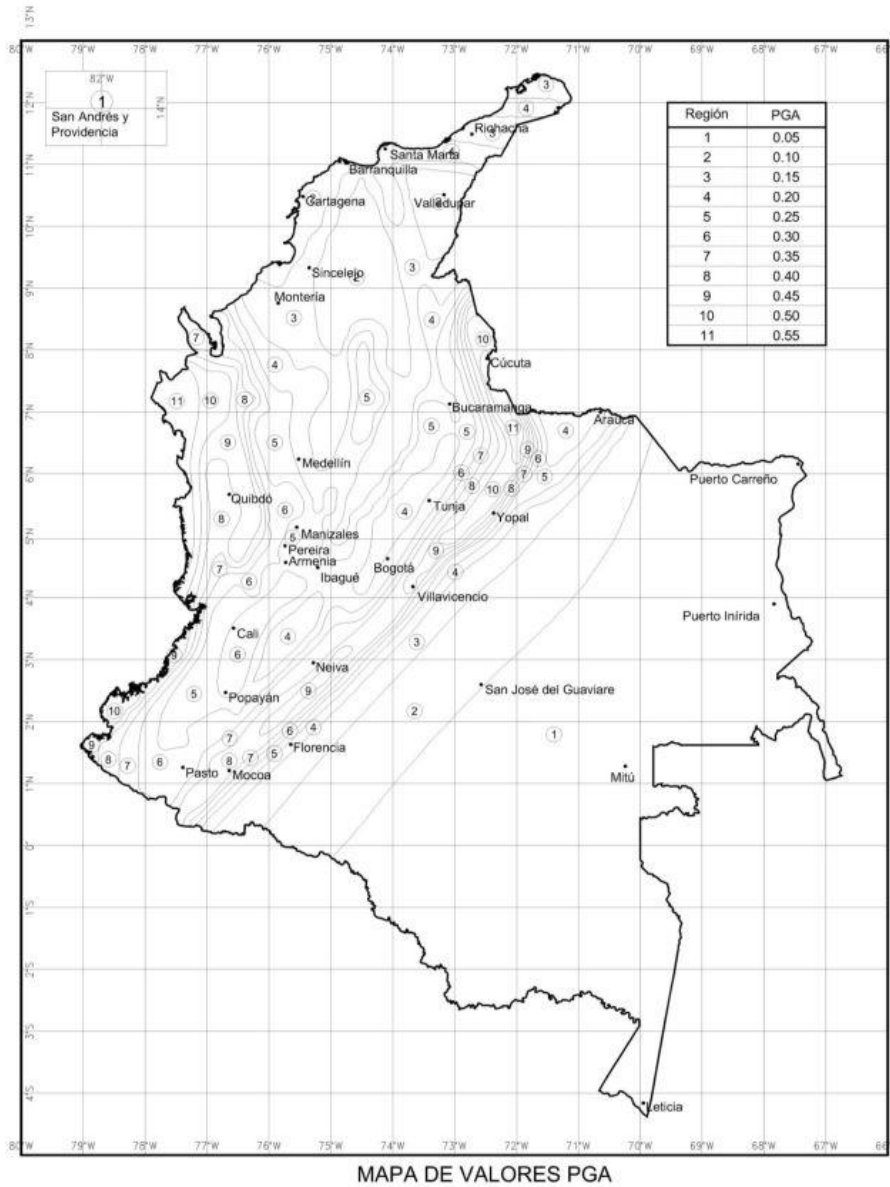


Figura 3.10.2.1-1 — Aceleración Pico Horizontal del Terreno (*PGA*) con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de periodo promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (*g*).

Ilustración 50. Valor PGA. Fuente: CCP-14, sección 3.

Región: 5

PGA: 0.25

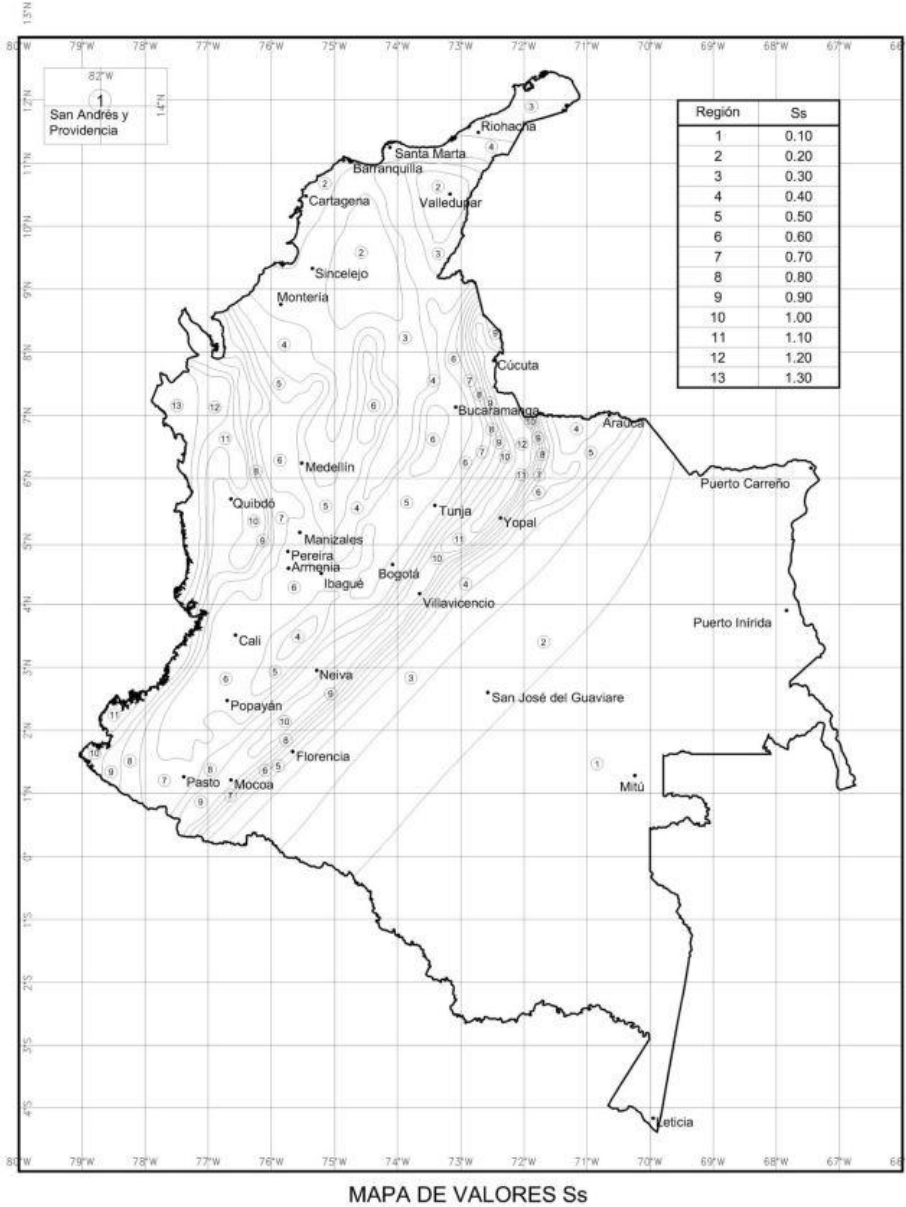


Figura 3.10.2.1-2 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 0.2 segundos (S_c) para 5% del amortiguamiento crítico y con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de período promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g).

Ilustración 51. Valor SS. Fuente: CCP-14, Sección 3.

Región: 6

SS: 0.60

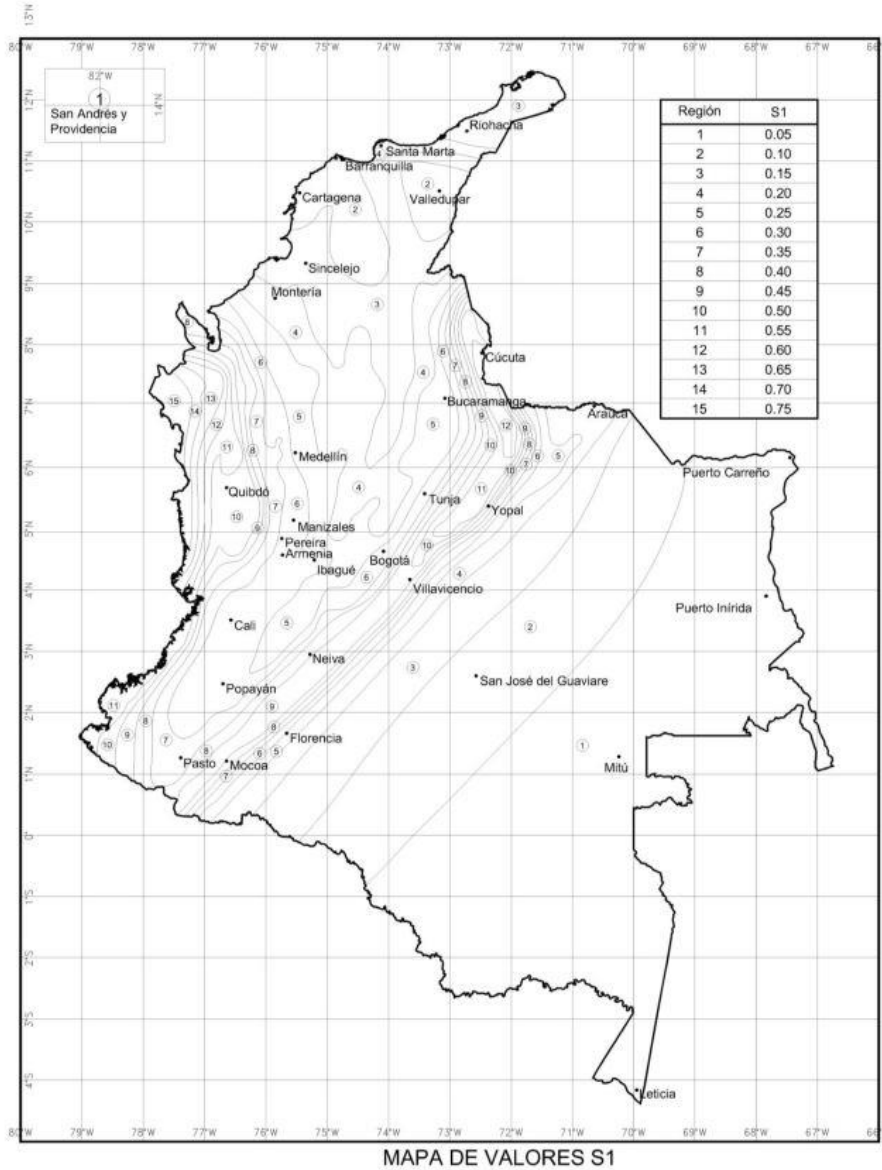


Figura 3.10.2.1-3 — Coeficiente de Aceleración Espectral Horizontal para un período de vibración de 1.0 segundos (S_1) para 5% del amortiguamiento crítico y con 7% de probabilidad de excedencia en 75 años (aproximadamente 1000 años de período promedio de retorno) expresada en la aceleración de la gravedad (g).

Ilustración 52. Valor S1. Fuente: CCP-14, Sección 3.

Región: 6

S1: 0.30

Tabla 11. Valor F_{pga} . Fuente: CCP-14, Sección 3.

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

Tipo de perfil: D

Valor F_{pga} : 1.45

Tabla 12. Valor F_a . Fuente: CCP-14, Sección 3.

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

Tipo de perfil: D

Valor F_{pga} : 1.30

Tabla 13. Valor F_v . Fuente: CCP-14. Sección 3.

Tabla 3.10.3.2-3 — Valores del factor de Sitio, F_v , en el intervalo de periodos 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

Tipo de perfil: D

Valor F_{pga} : 1.80

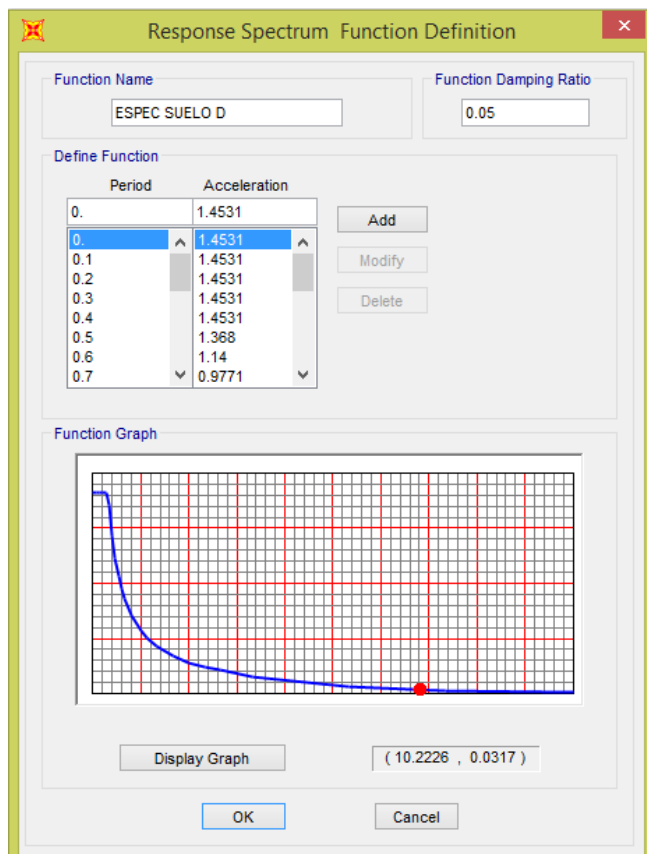


Ilustración 53. Espectro de Aceleración para un suelo tipo D. Fuente: Propia.

13.5.1. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE CARGAS

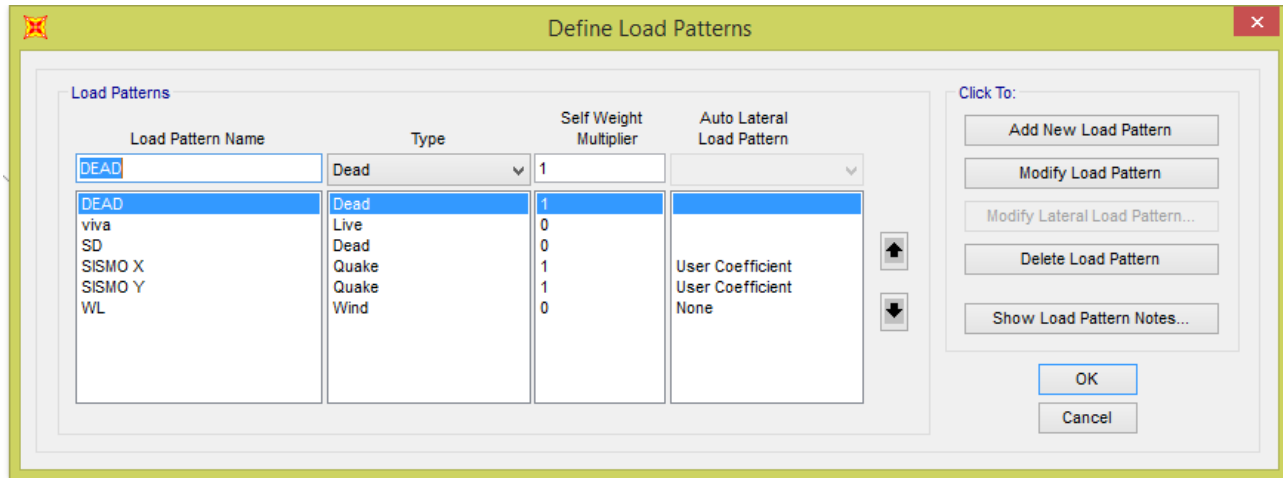


Ilustración 54. Definición de tipos de cargas para diseño. Fuente: Propia.

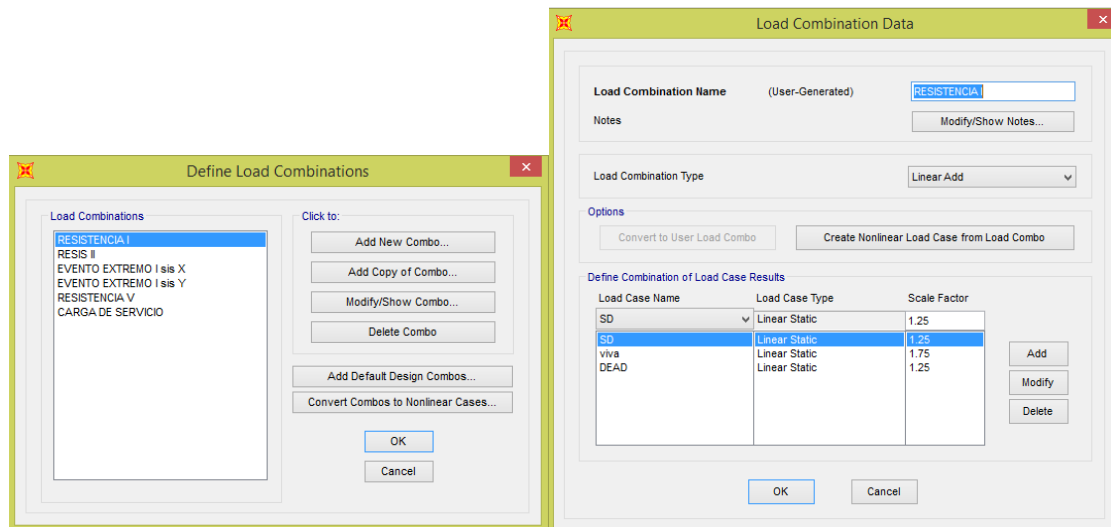


Ilustración 55. Definición de combinaciones de carga para diseño. Fuente: Propia.

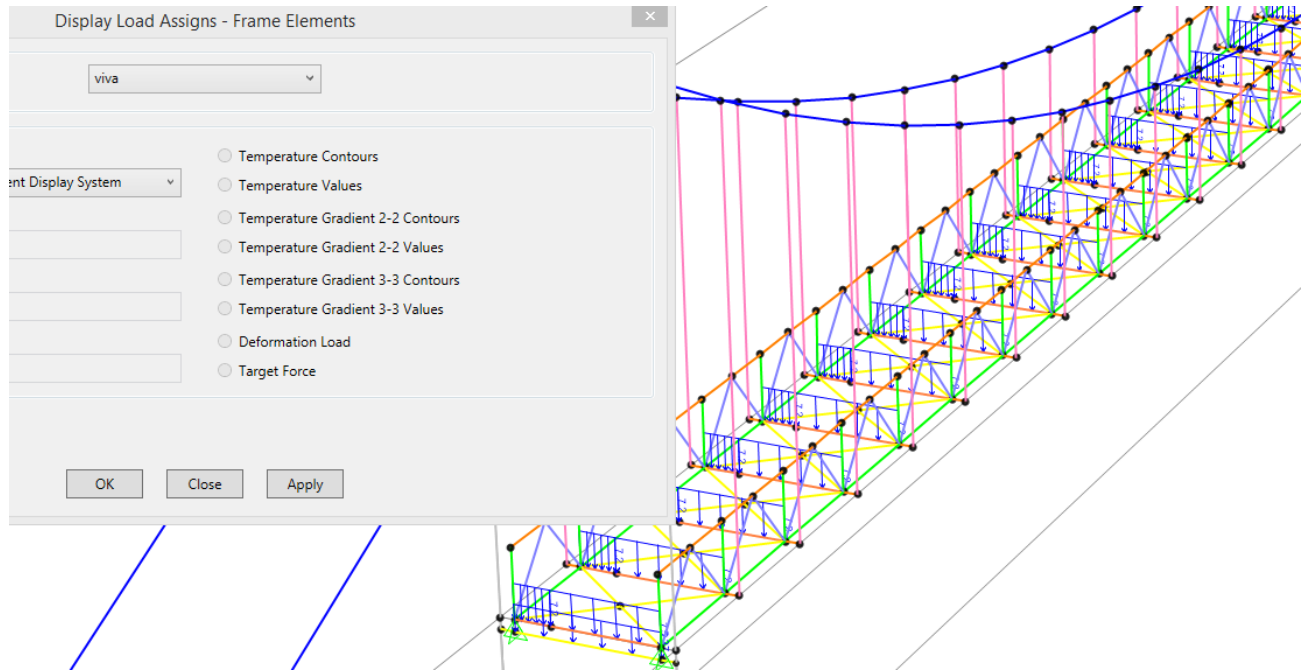


Ilustración 56. Aplicación de carga viva. Fuente: Propia

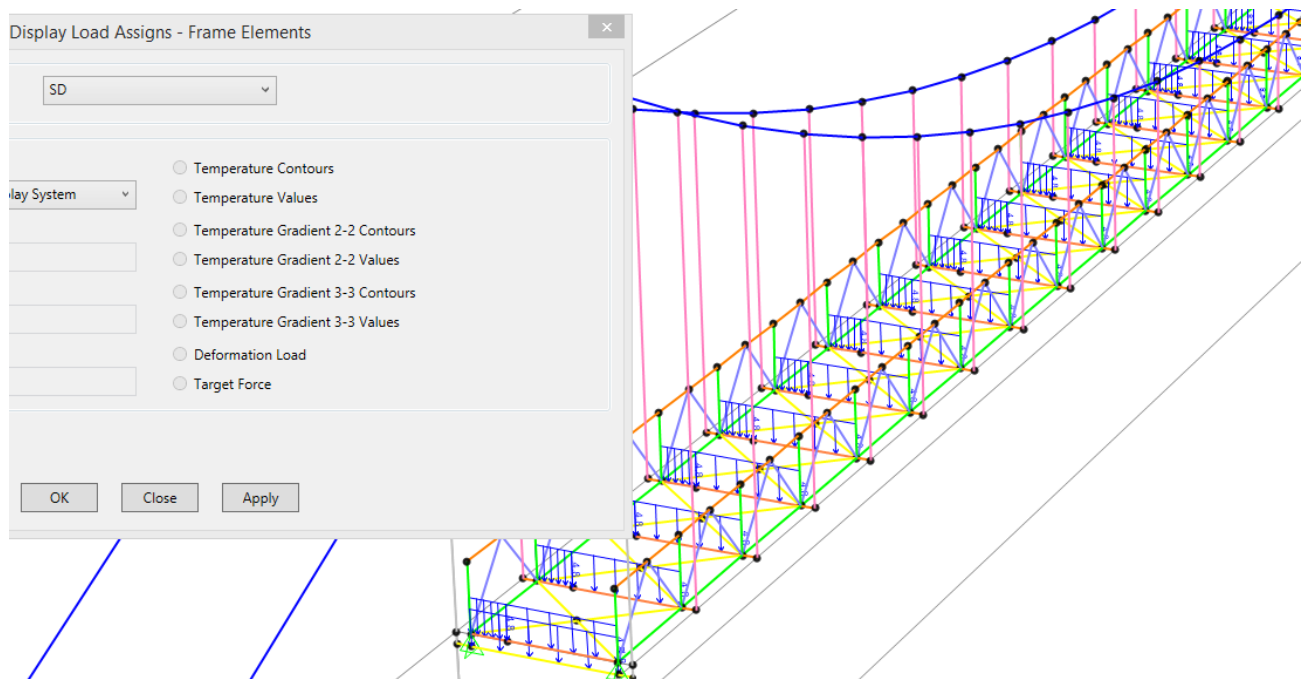


Ilustración 57. Aplicación carga muerta. Fuente: Propia.

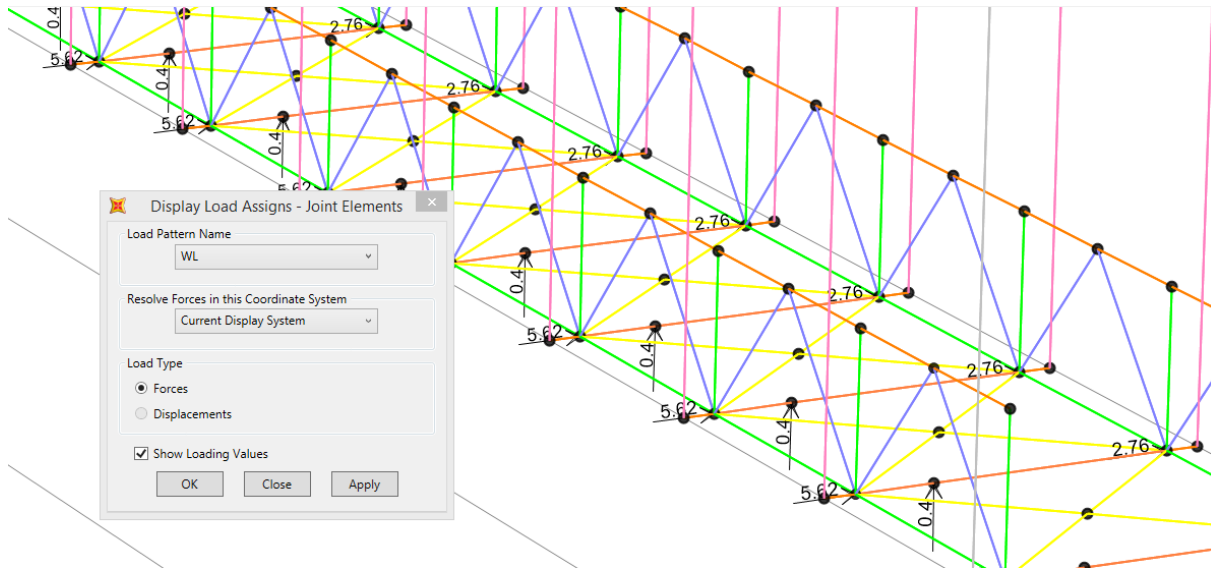


Ilustración 58. Aplicación carga de viento. Fuente: Propia.

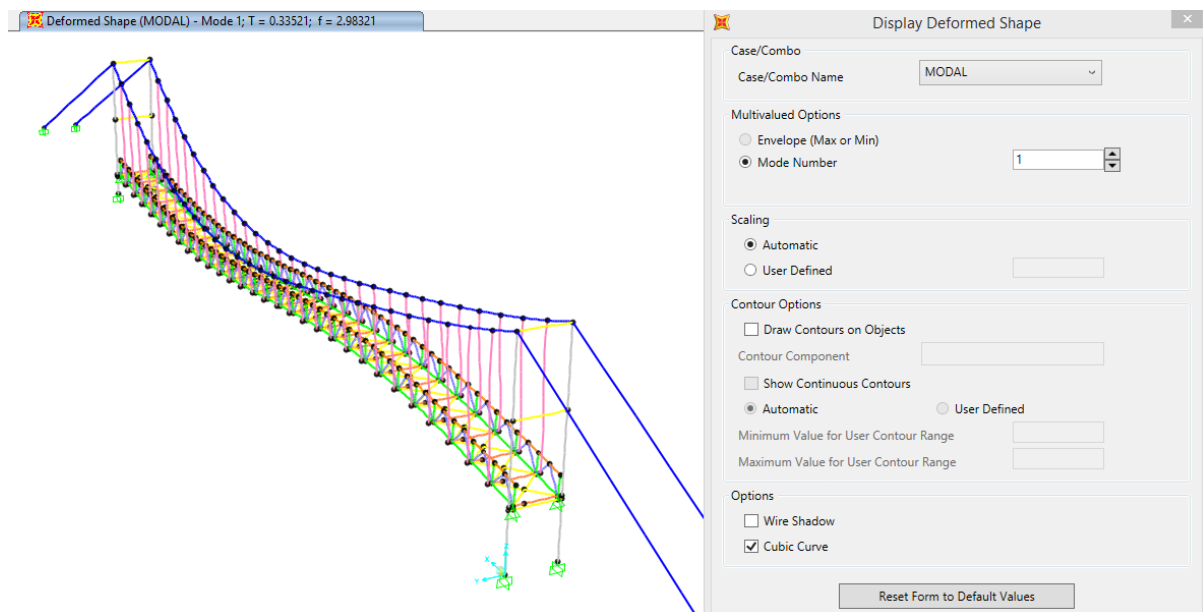


Ilustración 59. Periodo de la superestructura puente colgante. $T=0.33s$ $f=2.98s^{-1}$. Fuente: Propia

13.5.2. DISEÑO ELEMENTOS EN ACERO.

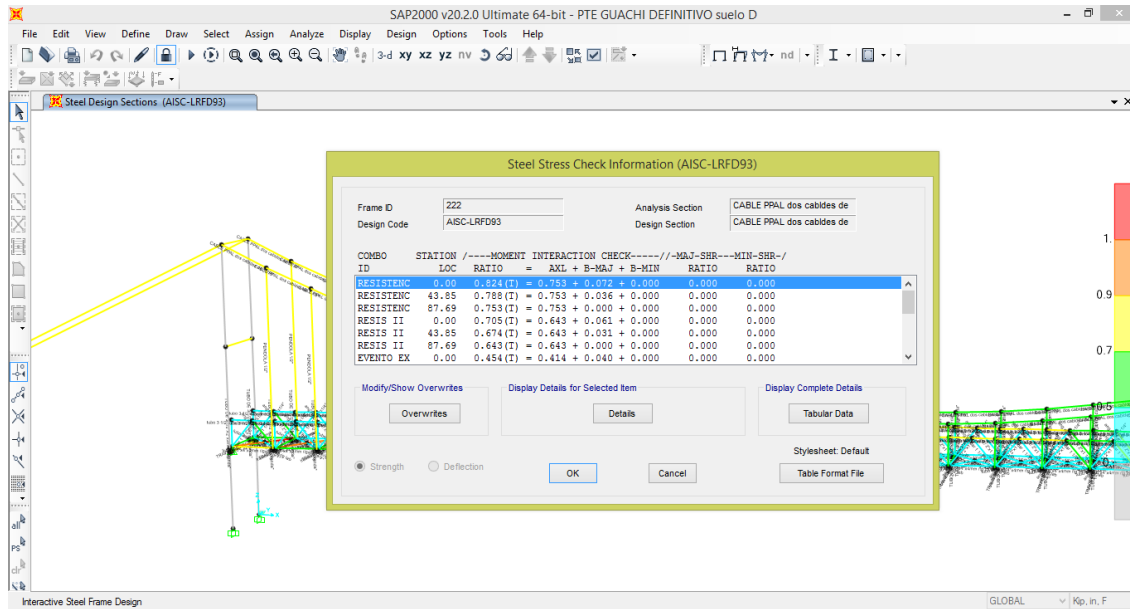


Ilustración 60. Diseño cable principal 1 7/8". Fuente: Propia.

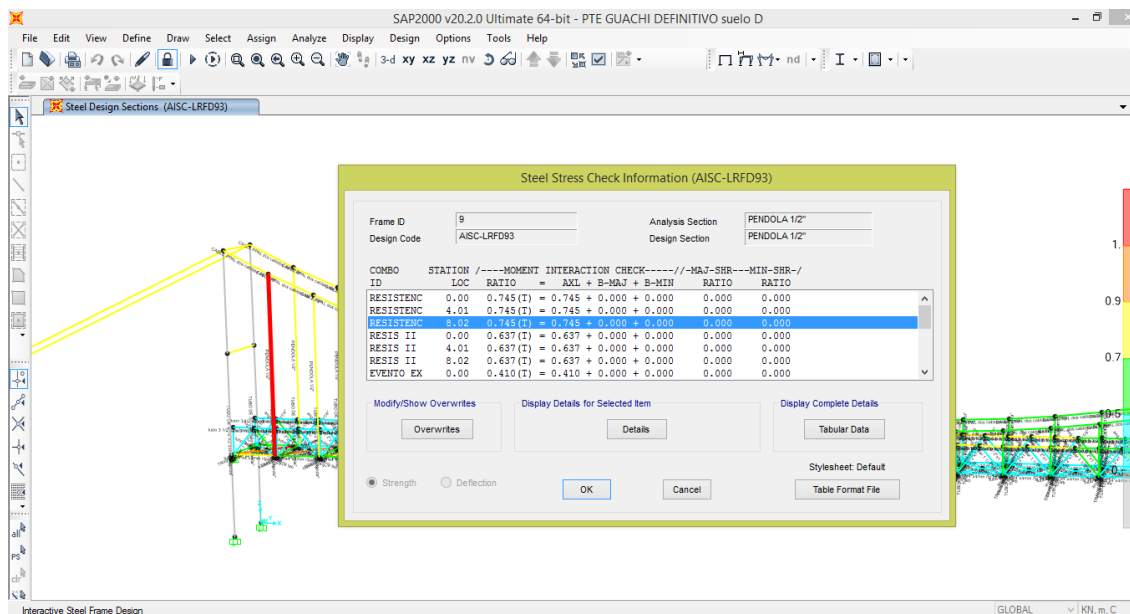


Ilustración 61. Diseño de pendolón 1/2". Fuente: Propia.

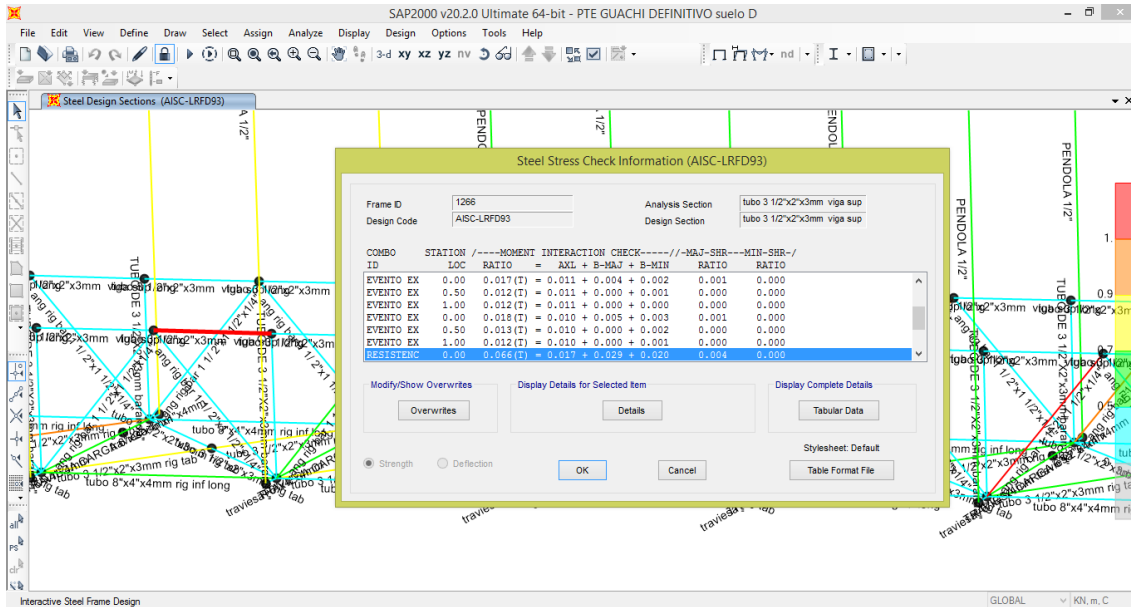


Ilustración 62. Diseño de soporte baranda. Fuente: Propia.

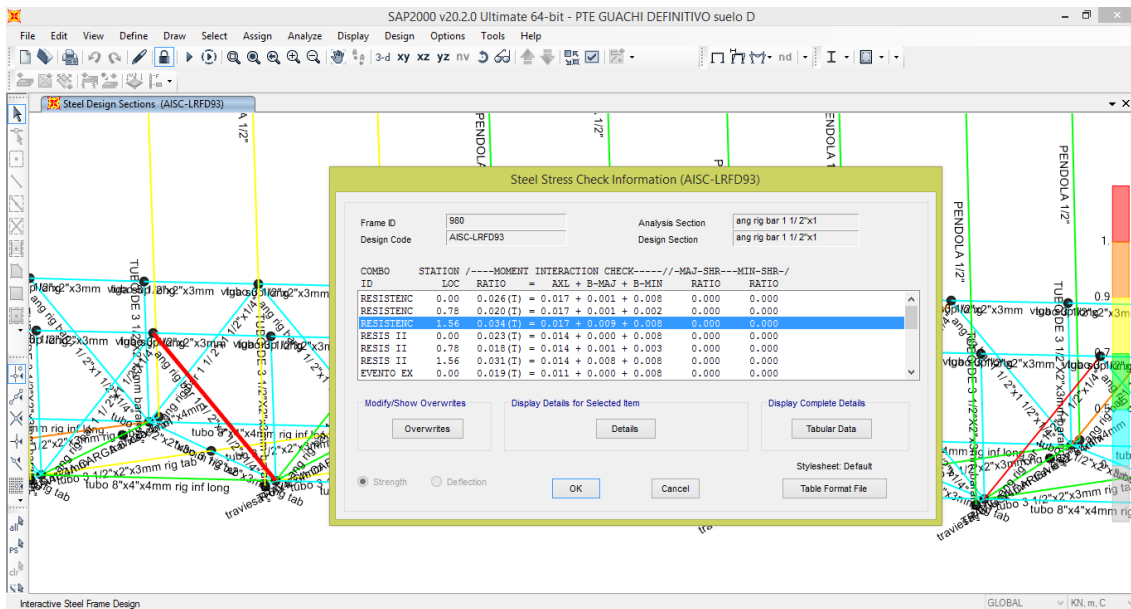


Ilustración 63. Diseño rigidizador baranda. Fuente: Propia.

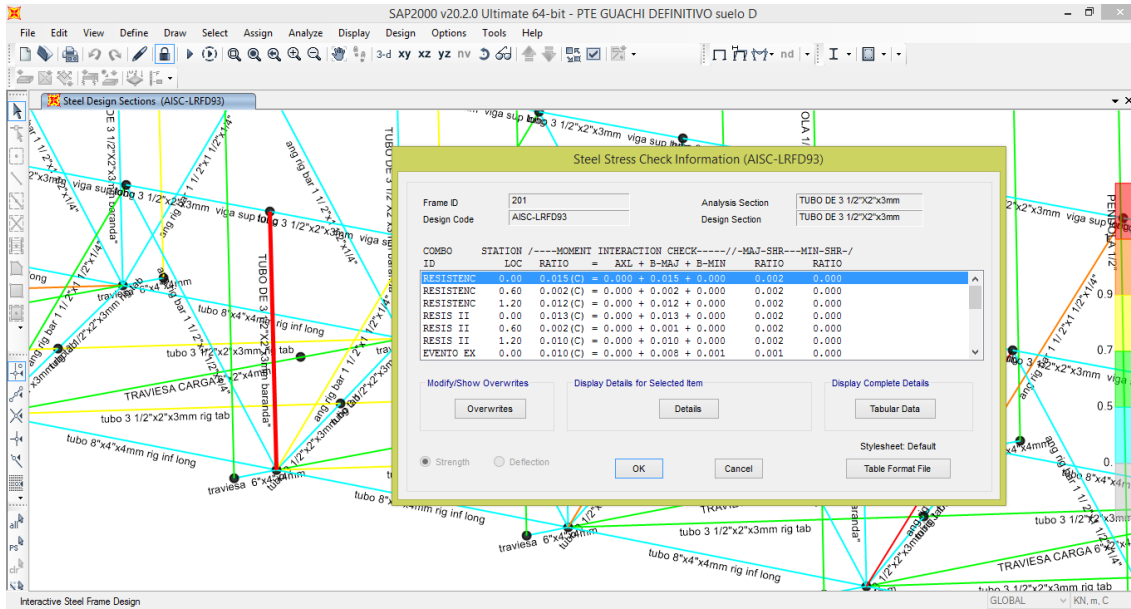


Ilustración 64. Diseño soporte vertical de baranda. Fuente: Propia.

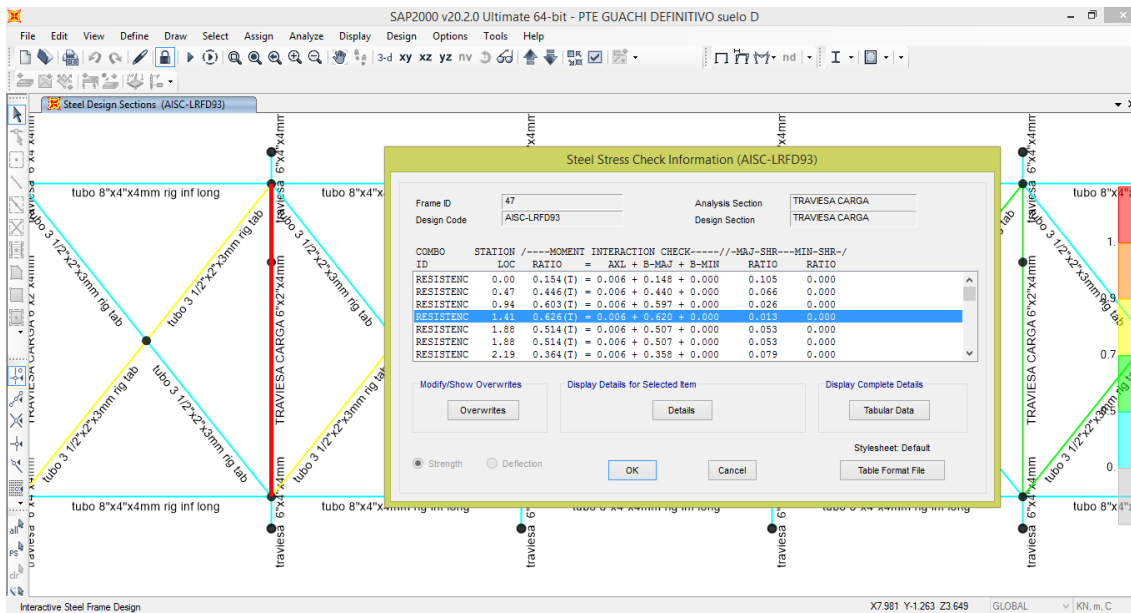


Ilustración 65. Diseño traviesa. Fuente: Propia.

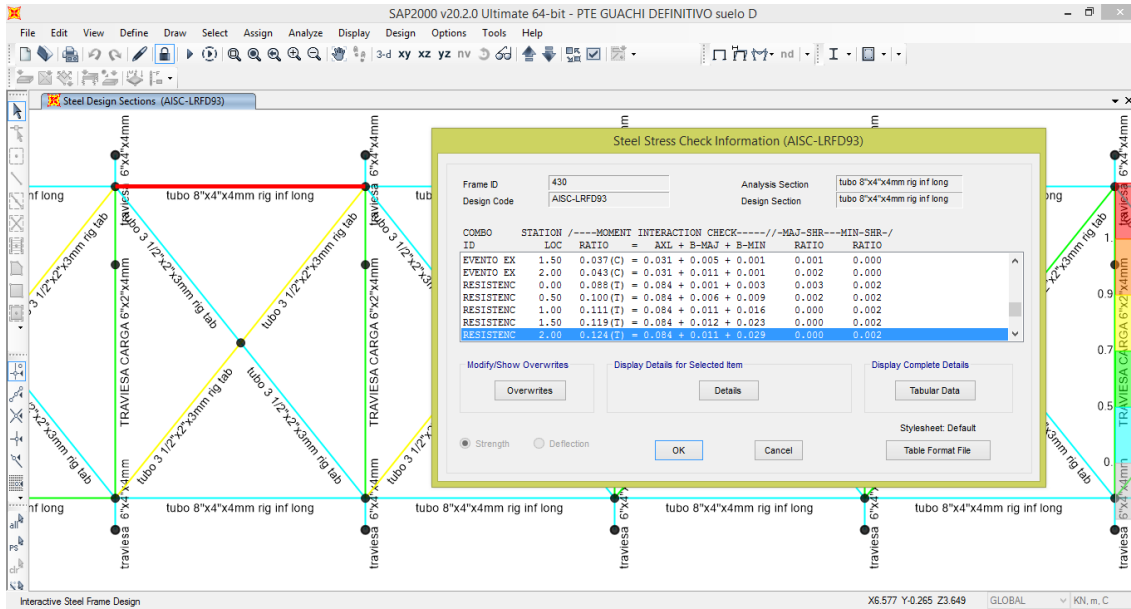


Ilustración 66. Diseño rigidizador longitudinal. Fuente: Propia.

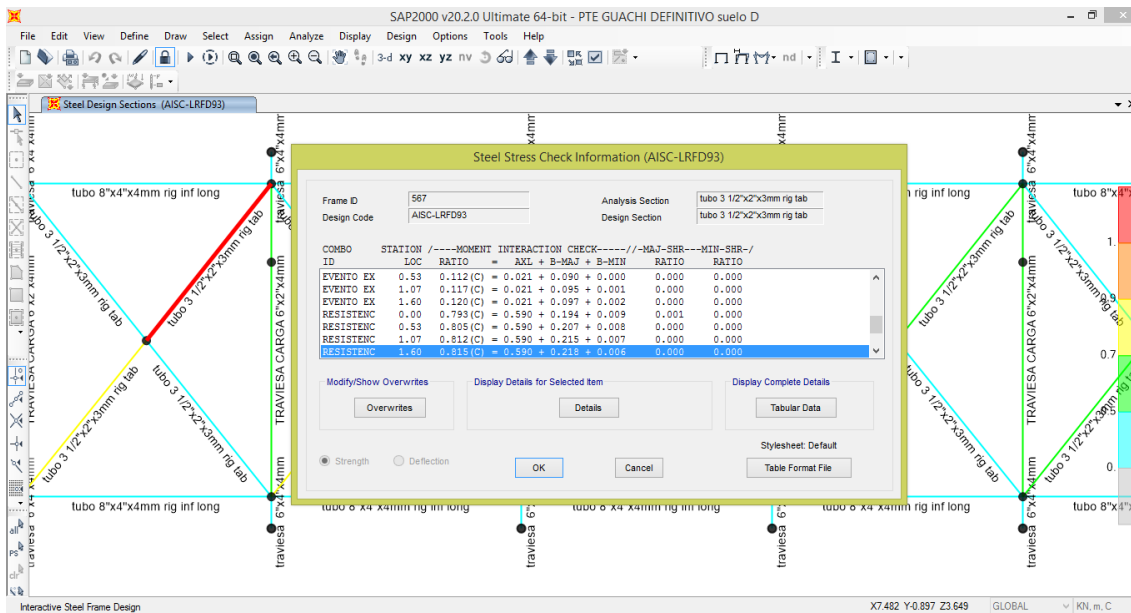


Ilustración 67. Diseño rigidizador transversal tablero. Fuente: Propia.



13.5.3. MEMORIAS DE CALCULO ELEMENTOS EN ACERO SAP 2000.

Tabla 14. Memoria de cálculo cable principal 1 7/8". Fuente: Propia.

Job Number _____
 Engineer _____

SAP2000

```

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : RESISTENCIA I
Units : KN, m, C

Frame : 222          Design Sect: CABLE PPAL dos cabldes de 1 7/8"
X Mid : 1.001       Design Type: Brace
Y Mid : -3.000      Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 12.160      Sect Class : Compact
Length : 2.227      Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 0.000         RLLF : 1.000

Area : 0.004         SMajor : 3.006E-05      rMajor : 0.017          AVMajor: 0.003
IMajor : 1.013E-06  SMinor : 3.006E-05      rMinor : 0.017          AVMinor: 0.003
IMinor : 1.013E-06 ZMajor : 5.103E-05      E : 199947978.80
Ixy : 0.000         ZMinor : 5.103E-05      Fy : 344737.894

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Pu      Mu33      Mu22      Vu2      Vu3      Tu
0.000         833.000 -1.131    0.000    -0.508    0.000    8.408E-06

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing      Total      P      MMajor      MMinor      Ratio      Status
Equation      Ratio      Ratio  Ratio      Ratio      Limit      Check
(H1-1a)        0.824    = 0.753  + 0.072  + 0.000    0.950      OK

AXIAL FORCE DESIGN
          Pu      phi*Pnc      phi*Pnt
          Force Capacity Capacity
Axial    833.000    300.358    1106.948

MOMENT DESIGN
          Mu      phi*Mn      Cm      B1      B2      K      L      Cb
          Moment Capacity Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment -1.131    13.989    1.000    1.000    1.000    1.000    1.000    1.667
Minor Moment 0.000    13.989    1.000    1.000    1.000    1.000    1.000

SHEAR DESIGN
          Vu      phi*Vn      Stress      Status      Tu
          Force Capacity Ratio Check Torsion
Major Shear 0.508    597.752    0.001      OK      0.000
Minor Shear 0.000    597.752    0.000      OK      0.000
  
```



Tabla 15. Memoria de cálculo pendolón 1/2". Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : RESISTENCIA I
 Units : KN, m, C

Frame : 9 Design Sect: PENDOLA 1/2"
 X Mid : 2.001 Design Type: Column
 Y Mid : -3.000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 7.660 Sect Class : Compact
 Length : 8.023 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 8.023 RLLF : 1.000

Area : 1.267E-04	SMajor : 0.000	rMajor : 0.003	AVMajor: 1.140E-04
IMajor : 0.000	SMinor : 0.000	rMinor : 0.003	AVMinor: 1.140E-04
IMinor : 0.000	ZMajor : 0.000	E : 199947978.80	
Ixy : 0.000	ZMinor : 0.000	Fy : 344737.894	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
8.023	29.291	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1a)	0.745	= 0.745	+ 0.000	+ 0.000	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	29.291	0.007	39.303

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	0.000	0.094	1.000	1.000	1.000	2.000	1.000	1.000
Minor Moment	0.000	0.094	1.000	1.000	1.000	2.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.000	21.224	0.000	OK	0.000
Minor Shear	0.000	21.224	0.000	OK	0.000



Tabla 16. Memoria de cálculo pasa manos baranda. Fuente: Propia

SAP2000

Engineer _____

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : RESISTENCIA V
 Units : KN, m, C

Frame : 1266 Design Sect: tubo 3 1/2"x2"x3mm viga sup long
 X Mid : 5.500 Design Type: Beam
 Y Mid : -2.750 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 4.849 Sect Class : Non-Compact
 Length : 1.000 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0.000 RLLF : 1.000

Area : 8.040E-04	SMajor : 1.365E-05	rMajor : 0.021	AVMajor: 3.000E-04
IMajor : 0.000	SMinor : 1.921E-05	rMinor : 0.033	AVMinor: 5.400E-04
IMinor : 0.000	ZMajor : 1.559E-05	E : 199947978.80	
Ixy : 0.000	ZMinor : 2.363E-05	Fy : 344737.894	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	8.486	-0.129	0.149	-0.205	0.028	-0.014

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-lb)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.066	= 0.017	+ 0.029	+ 0.020	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	8.486	198.308	249.452

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-0.129	4.505	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.250
Minor Moment	0.149	7.333	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.205	55.848	0.004	OK	0.000
Minor Shear	0.028	100.526	0.000	OK	0.000



Tabla 17. Memoria de cálculo rigidizador baranda. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

```

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : RESISTENCIA I
Units : KN, m, C

Frame : 980          Design Sect: ang rig bar 1 1/ 2"x1 1/2"x1/4"
X Mid : 5.500        Design Type: Brace
Y Mid : -2.750       Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 4.249        Sect Class : Non-Compact
Length : 1.562       Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc   : 1.562        RLLF      : 1.000

Area : 4.435E-04     SMajor : 2.195E-06      rMajor : 0.011      AVMajor: 2.419E-04
IMajor : 0.000       SMinor : 2.195E-06      rMinor : 0.011      AVMinor: 2.419E-04
IMinor : 0.000       ZMajor : 3.958E-06      rMax   : 0.014      E       :
199947978.80
Ixy   : 0.000       ZMinor : 3.958E-06      rMin   : 0.007      Fy      :
344737.894
Theta : 45.000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Pu      Mu33      Mu22      Vu2      Vu3      Tu
1.562         4.563   -0.011   -0.004   0.027   0.005   -7.659E-06

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing      Total      P      MMajor      MMinor      Ratio      Status
Equation       Ratio     Ratio  Ratio      Ratio      Ratio      Check
(SAM 6-1b)     0.034   =  0.017   +  0.009   +  0.008   0.950      OK

AXIAL FORCE DESIGN
              Pu      phi*Pnc      phi*Pnt
              Force  Capacity    Capacity
Axial         4.563   15.577      137.617

MOMENT DESIGN
              Mu      phi*Mn      Cm      B1      B2      K      L      Cb
              Moment Capacity Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment  -0.011  1.149      1.000  1.000  1.000  1.000  1.000  1.000
Minor Moment   0.005   0.565      1.000  1.000  1.000  1.000  1.000

SHEAR DESIGN
              Vu      phi*Vn      Stress      Status      Tu
              Force  Capacity    Ratio      Check      Torsion
Major Shear   0.027   45.038     0.001      OK      0.000
Minor Shear   0.005   45.038     0.000      OK      0.000

```



Tabla 18. Memoria de cálculo soporte vertical baranda. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : RESISTENCIA I
 Units : KN, m, C

Frame : 201 Design Sect: TUBO DE 3 1/2"x2"x3mm baranda"
 X Mid : 8.000 Design Type: Column
 Y Mid : -2.750 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 4.249 Sect Class : Non-Compact
 Length : 1.200 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 0.000 RLLF : 1.000

Area : 8.040E-04	SMajor : 1.365E-05	rMajor : 0.021	AVMajor: 3.000E-04
IMajor : 0.000	SMinor : 1.921E-05	rMinor : 0.033	AVMinor: 5.400E-04
IMinor : 0.000	ZMajor : 1.559E-05	E : 199947978.80	
Ixy : 0.000	ZMinor : 2.363E-05	Fy : 344737.894	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-0.107	-0.066	0.003	-0.098	0.005	-0.005

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-1b)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.015	= 0.000	+ 0.015	+ 0.000	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0.107	158.717	249.452

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-0.066	4.505	0.285	1.000	1.000	1.077	1.000	2.230
Minor Moment	0.003	7.333	0.303	1.000	1.000	2.008	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.098	55.848	0.002	OK	0.000
Minor Shear	0.005	100.526	4.702E-05	OK	0.000



Tabla 19. Memoria de cálculo traviesa. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK

Combo : RESISTENCIA I
 Units : KN, m, C

Frame : 47 Design Sect: TRAVIESA CARGA 6"x2"x4mm
 X Mid : 8.000 Design Type: Beam
 Y Mid : -1.500 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 3.649 Sect Class : Slender
 Length : 2.500 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 1.406 RLLF : 1.000

Area : 0.002 SMajor : 8.231E-05 rMajor : 0.056 AVMajor: 0.001
 IMajor : 6.173E-06 SMinor : 6.571E-05 rMinor : 0.041 AVMinor: 8.000E-04
 IMinor : 3.286E-06 ZMajor : 9.873E-05 E : 199947978.80
 Ixy : 0.000 ZMinor : 7.453E-05 Fy : 344737.894

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1.406	7.320	18.983	0.001	2.935	-2.271E-04	5.648E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.626	= 0.006	+ 0.620	+ 0.000	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	7.320	433.379	600.671

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	18.983	30.632	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.097
Minor Moment	0.001	13.660	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	2.935	223.390	0.013	OK	0.000
Minor Shear	2.271E-04	148.927	1.525E-06	OK	0.000



Tabla 20. Memoria de cálculo rigidizador transversal tablero. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : RESISTENCIA V
 Units : KN, m, C

Frame : 567 Design Sect: tubo 3 1/2"x2"x3mm rig tab
 X Mid : 7.500 Design Type: Beam
 Y Mid : -0.875 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 3.649 Sect Class : Non-Compact
 Length : 1.601 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 1.601 RLLF : 1.000

Area : 8.040E-04 SMajor : 1.921E-05 rMajor : 0.033 AVMajor: 5.400E-04
 IMajor : 0.000 SMinor : 1.365E-05 rMinor : 0.021 AVMinor: 3.000E-04
 IMinor : 0.000 ZMajor : 2.363E-05 E : 199947978.80
 Ixy : 0.000 ZMinor : 1.559E-05 Fy : 344737.894

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1.601	-69.227	1.037	-0.037	-0.014	-8.958E-04	0.232

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1a)	0.815	= 0.590	+ 0.218	+ 0.006	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-69.227	117.320	249.452

MOMENT DESIGN

Moment	Mu	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	1.798	7.333	1.000	1.712	1.000	1.000	2.000	1.033
Minor Moment	-0.033	4.505	0.985	1.338	1.000	1.000	1.000	

SHEAR DESIGN

Shear	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.014	100.526	0.000	OK	0.000
Minor Shear	8.958E-04	55.848	1.604E-05	OK	0.000



Tabla 21. Memoria de cálculo rigidizador longitudinal tablero. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

```

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : RESISTENCIA V
Units : KN, m, C

Frame : 430          Design Sect: tubo 8"x4"x4mm rig inf long
X Mid : 7.000       Design Type: Beam
Y Mid : -0.250     Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 3.649      Sect Class : Slender
Length : 2.000     Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 2.000       RLLF      : 1.000

Area : 0.003        SMajor : 1.026E-04      rMajor : 0.043          AVMajor: 8.000E-04
IMajor : 5.130E-06 SMinor : 1.724E-04      rMinor : 0.089          AVMinor: 0.002
IMinor : 2.155E-05 ZMajor : 1.129E-04      E       : 199947978.80
Ixy : 0.000        ZMinor : 2.155E-04      Fy      : 344737.894

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Pu      Mu33      Mu22      Vu2      Vu3      Tu
2.000         142.678  0.229    -1.944    0.136    0.875    0.389

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing    Total      P      MMajor    MMinor    Ratio    Status
Equation     Ratio      Ratio  Ratio     Ratio     Limit    Check
(H1-lb)      0.124 =   0.084 + 0.011 + 0.029  0.950    OK

AXIAL FORCE DESIGN
          Pu      phi*Pnc    phi*Pnt
          Force Capacity Capacity
Axial    142.678  685.928   848.883

MOMENT DESIGN
          Mu      phi*Mn     Cm      B1      B2      K      L      Cb
          Moment Capacity Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment  0.229  21.327  1.000  1.000  1.000  1.000  1.000  1.180
Minor Moment -1.944  66.871  1.000  1.000  1.000  1.000  1.000

SHEAR DESIGN
          Vu      phi*Vn     Stress      Status      Tu
          Force Capacity Ratio Check Torsion
Major Shear  0.136  148.927  0.001      OK          0.000
Minor Shear  0.875  372.317  0.002      OK          0.000
    
```


13.5.4. DISEÑO ESTRUCTURAS EN CONCRETO.

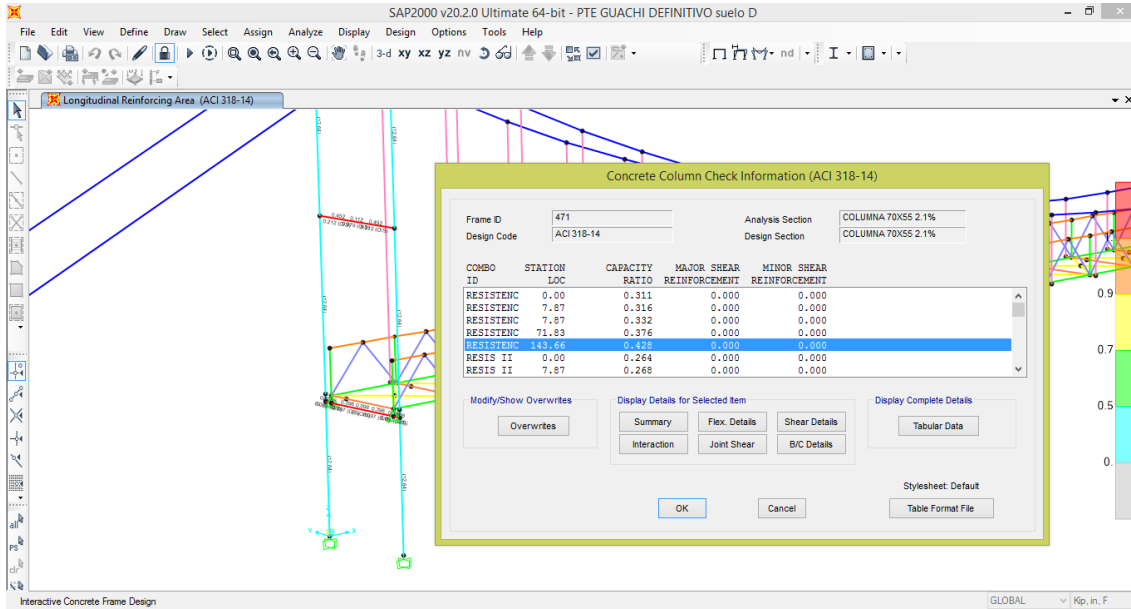


Ilustración 68. Diseño de la columna. Fuente: Propia.

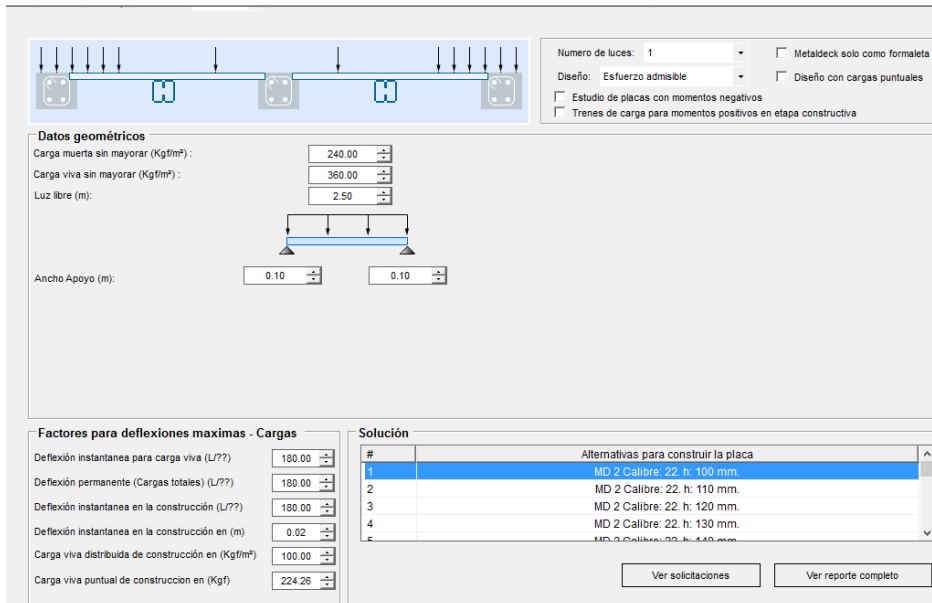


Ilustración 69. Diseño de losa de tablero e= 0.10m. Fuente: Propia.



13.5.5. MEMORIAS DE CALCULO ELEMENTOS EN CONCRETO, SAP 2000 Y ARQUIMET 2.0.

Tabla 22. Memoria de cálculo columna de 70X55 cm. Fuente: Propia.

SAP2000		Engineer _____				
ACI 318-14 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN, m, C (Summary)						
Element	: 471	B=0.550	D=0.700	dc=0.075		
Section ID	: COLUMNA 70X55 2.1%	E=21525562.4	fc=20684.274	Lt.Wt. Fac.=1.000		
Combo ID	: RESISTENCIA I	L=3.649	fy=413685.473	fys=413685.473		
Station Loc	: 3.649	RLLF=1.000				
Phi(Compression-Spiral): 0.750						
Phi(Compression-Tied): 0.650						
Phi(Tension Controlled): 0.900						
Phi(Shear): 0.750						
Phi(Seismic Shear): 0.600						
Phi(Joint Shear): 0.850						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT CHECK FOR PU, M2, M3						
Capacity	Design	Design	Design	Minimum	Minimum	
Ratio	Pu	M2	M3	M2	M3	
0.428	967.515	31.571	306.114	30.709	35.063	
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS						
	Cm	Delta_ns	Delta_s	K	L	
	Factor	Factor	Factor	Factor	Length	
Major Bending(M3)	1.000	1.293	1.000	1.000	12.649	
Minor Bending(M2)	1.000	1.028	1.000	1.000	3.449	
SHEAR DESIGN FOR V2,V3						
	Rebar	Shear	Shear	Shear	Shear	
	Av/s	Vu	phi*Vc	phi*Vs	Vp	
Major Shear (V2)	0.000	18.711	230.060	0.000	0.000	
Minor Shear (V3)	0.000	6.129	222.486	0.000	0.000	
JOINT SHEAR DESIGN						
	Joint Shear	Shear	Shear	Shear	Joint	
	Ratio	VuTop	VuTot	phi*Vc	Area	
Major Shear (V2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Minor Shear (V3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS						
	Major	Minor				
	Ratio	Ratio				
	N/A	N/A				
Notes:						
N/A: Not Applicable						
N/C: Not Calculated						
N/N: Not Needed						

Tabla 23. Memoria de cálculo losa $e = 0.10m$. Fuente: Propia.

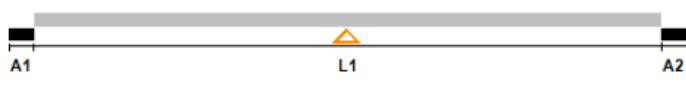
Memorias de Cálculo	PROGRAMA DE DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL ARQUIMET 2.0	
	Proyecto: _____	Fecha: _____
	Ingeniero: _____	Firma: _____

Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO

REPORTE DE METALDECK

MD 2 Calibre: 22. (0.75 mm) $h = 100$ mm.
 DEBE APUNTALARSE DURANTE EL FRAGUADO

SECCION LONGITUDINAL




CONFIGURACION							
Luz	Longitud (m)	C. Muerta (Kgf/m ²)	C. Viva (Kgf/m ²)	P. Propio (Kgf/m ²)	C. Total (Kgf/m ²)	C. Puntual Muerta P(Kgf/m), x (m), b (m)	C. Puntual Viva P(Kgf/m), x (m), b (m)
L1	2.50	240.00	360.00	181.40	781.40	----	----

APOYOS	
A1	0.10 m
A2	0.10 m

Carga distribuida máxima en la construcción	100.00 Kg/m ²
Carga lineal máxima en la construcción	224.26 Kg/m
Resistencia del concreto	2.10E06 Kg/m ²

MD 2 Calibre: 22. (0.75 mm) $h = 100$ mm.



h = 100 mm
f_c = 2.10E06 Kg/m²

As = $\rho \times h \times b$
 $75 \text{ mm}^2 = 0.00075 \times 100 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$

NORMA: NSR-10 Pag. 1



Tabla 24. Memoria de cálculo losa tablero $e= 0.10m$. Fuente: Propia.

<h2 style="color: #0056b3; margin: 0;">Memorias de Cálculo</h2>	<p>PROGRAMA DE DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL ARQUIMET 2.0</p> <p>Proyecto: _____ Fecha: _____</p> <p>Ingeniero: _____ Firma: _____</p>																																		
<p><i>Elementos calculados con el programa de diseño Arquimet 2.0 de ACESCO</i></p> <p>REPORTE DE DISEÑO POR ESFUERZO ADMISIBLE</p>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">PARAMETRO DE DISEÑO CONSTRUCCION</th> <th style="width: 15%;">RESISTENTE</th> <th style="width: 25%;">CALCULADO</th> <th style="width: 20%;">LUZ No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deflexión Cargas Sobre-impuestas (m)</td> <td style="text-align: center;">0.0069</td> <td style="text-align: center;">2.6994E-04</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Momento Positivo (Kg\cdotm/m)</td> <td style="text-align: center;">317.9827</td> <td style="text-align: center;">70.3726</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Momento Negativo (Kg\cdotm/m)</td> <td style="text-align: center;">261.6152</td> <td style="text-align: center;">105.7045</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Cortante (Kg\cdotf/m)</td> <td style="text-align: center;">2107.1326</td> <td style="text-align: center;">219.8404</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table>				PARAMETRO DE DISEÑO CONSTRUCCION	RESISTENTE	CALCULADO	LUZ No.	Deflexión Cargas Sobre-impuestas (m)	0.0069	2.6994E-04	1	Momento Positivo (Kg \cdot m/m)	317.9827	70.3726	1	Momento Negativo (Kg \cdot m/m)	261.6152	105.7045	1	Cortante (Kg \cdot f/m)	2107.1326	219.8404	1												
PARAMETRO DE DISEÑO CONSTRUCCION	RESISTENTE	CALCULADO	LUZ No.																																
Deflexión Cargas Sobre-impuestas (m)	0.0069	2.6994E-04	1																																
Momento Positivo (Kg \cdot m/m)	317.9827	70.3726	1																																
Momento Negativo (Kg \cdot m/m)	261.6152	105.7045	1																																
Cortante (Kg \cdot f/m)	2107.1326	219.8404	1																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">PARAMETRO DE DISEÑO VIDA UTIL</th> <th style="width: 15%;">ADMISIBLE</th> <th style="width: 25%;">CALCULADO</th> <th style="width: 20%;">LUZ No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deflexión instantanea (m)</td> <td style="text-align: center;">0.0139</td> <td style="text-align: center;">0.0018</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Deflexión permanente (m)</td> <td style="text-align: center;">0.0139</td> <td style="text-align: center;">0.0061</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Fuerza cortante de adherencia (Kg\cdotf/m)</td> <td style="text-align: center;">1006.0000</td> <td style="text-align: center;">749.9999</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Fuerza cortante sección compuesta (Kg\cdotf/m)</td> <td style="text-align: center;">3577.8889</td> <td style="text-align: center;">1352.0936</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo en el metaldeck (Kg\cdotf/m²)</td> <td style="text-align: center;">1.6874E07</td> <td style="text-align: center;">1.4113E07</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Esfuerzo en el concreto (Kg\cdotf/m²)</td> <td style="text-align: center;">9.4500E05</td> <td style="text-align: center;">5.6976E05</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Longitud máxima sin vibraciones (m)</td> <td style="text-align: center;">3.0000</td> <td style="text-align: center;">2.5000</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table>				PARAMETRO DE DISEÑO VIDA UTIL	ADMISIBLE	CALCULADO	LUZ No.	Deflexión instantanea (m)	0.0139	0.0018	1	Deflexión permanente (m)	0.0139	0.0061	1	Fuerza cortante de adherencia (Kg \cdot f/m)	1006.0000	749.9999	1	Fuerza cortante sección compuesta (Kg \cdot f/m)	3577.8889	1352.0936	1	Esfuerzo en el metaldeck (Kg \cdot f/m ²)	1.6874E07	1.4113E07	1	Esfuerzo en el concreto (Kg \cdot f/m ²)	9.4500E05	5.6976E05	1	Longitud máxima sin vibraciones (m)	3.0000	2.5000	1
PARAMETRO DE DISEÑO VIDA UTIL	ADMISIBLE	CALCULADO	LUZ No.																																
Deflexión instantanea (m)	0.0139	0.0018	1																																
Deflexión permanente (m)	0.0139	0.0061	1																																
Fuerza cortante de adherencia (Kg \cdot f/m)	1006.0000	749.9999	1																																
Fuerza cortante sección compuesta (Kg \cdot f/m)	3577.8889	1352.0936	1																																
Esfuerzo en el metaldeck (Kg \cdot f/m ²)	1.6874E07	1.4113E07	1																																
Esfuerzo en el concreto (Kg \cdot f/m ²)	9.4500E05	5.6976E05	1																																
Longitud máxima sin vibraciones (m)	3.0000	2.5000	1																																
<p><i>NORMA: NSR-10 Pag. 2</i></p>																																			

13.6. DISEÑO DE PUENTE ESTRUCTURA METALICA EN SAP 2000

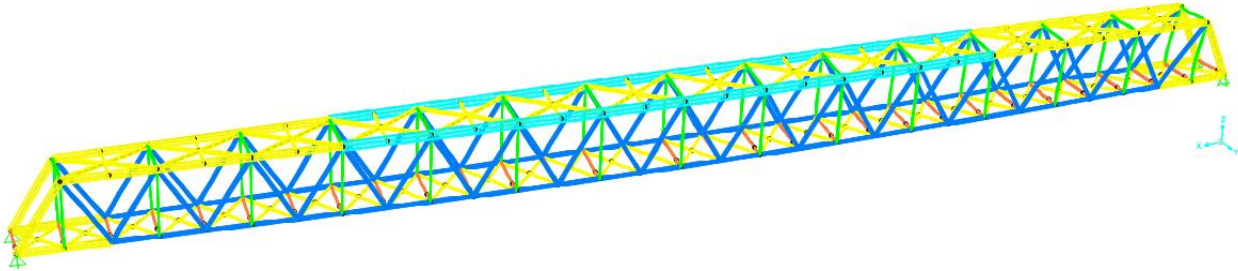


Ilustración 70. Diseño de puente en estructura metálica. Fuente: Propia.

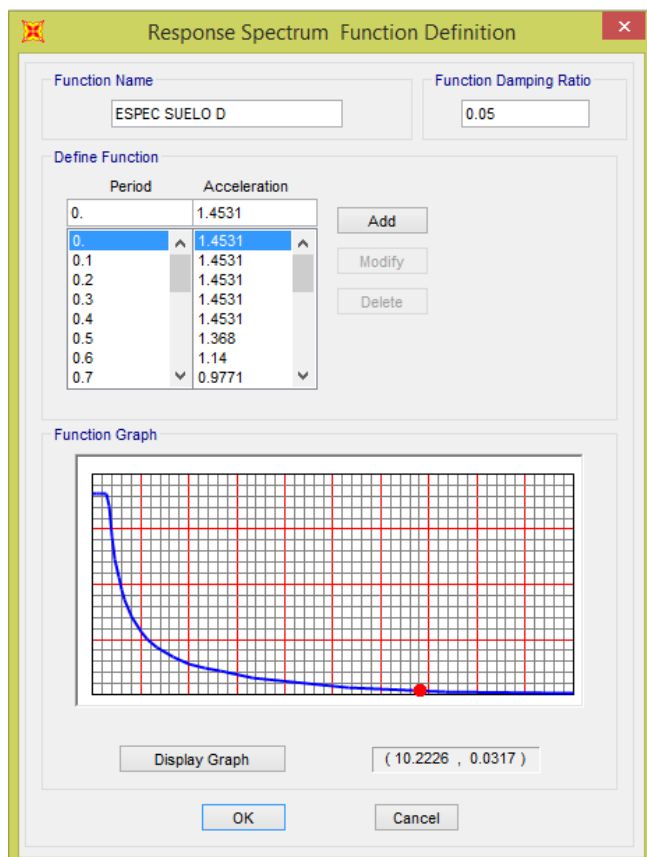


Ilustración 71. Espectro de Aceleración para un suelo tipo D. Fuente: Propia.

13.6.1. DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE CARGAS

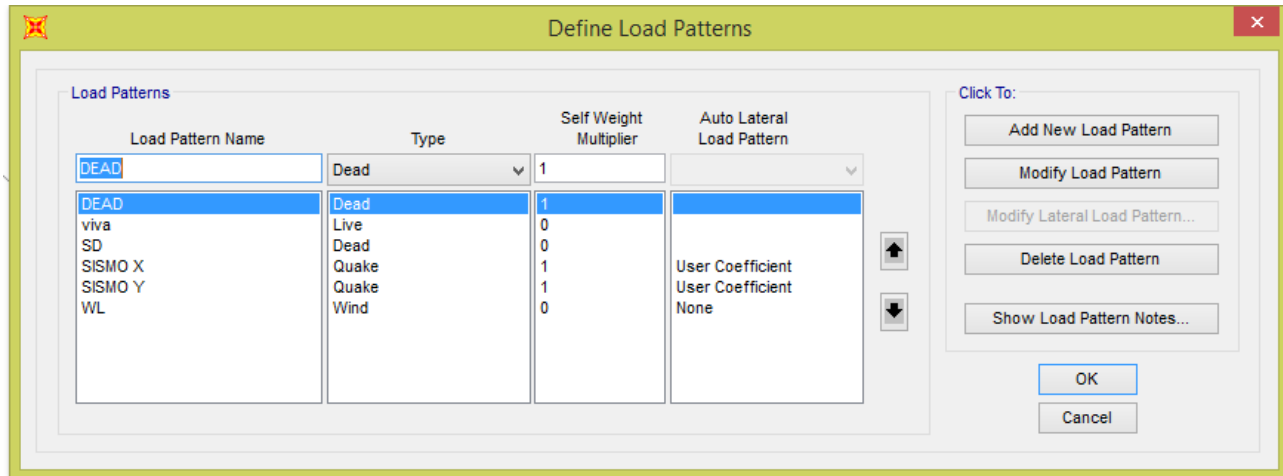


Ilustración 72. Definición de tipos de cargas para diseño. Fuente: Propia.

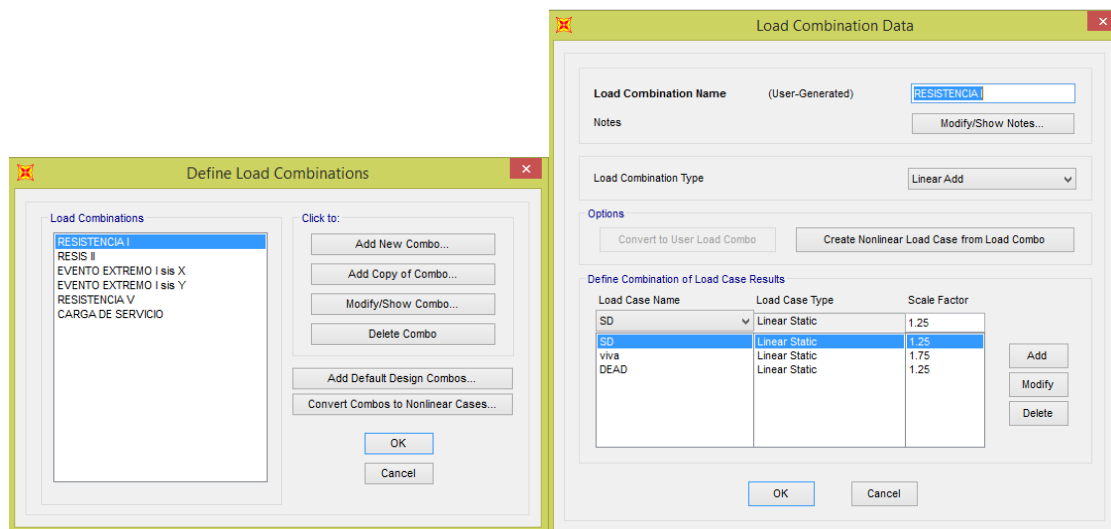


Ilustración 73. Definición de combinaciones de carga para diseño. Fuente: Propia.

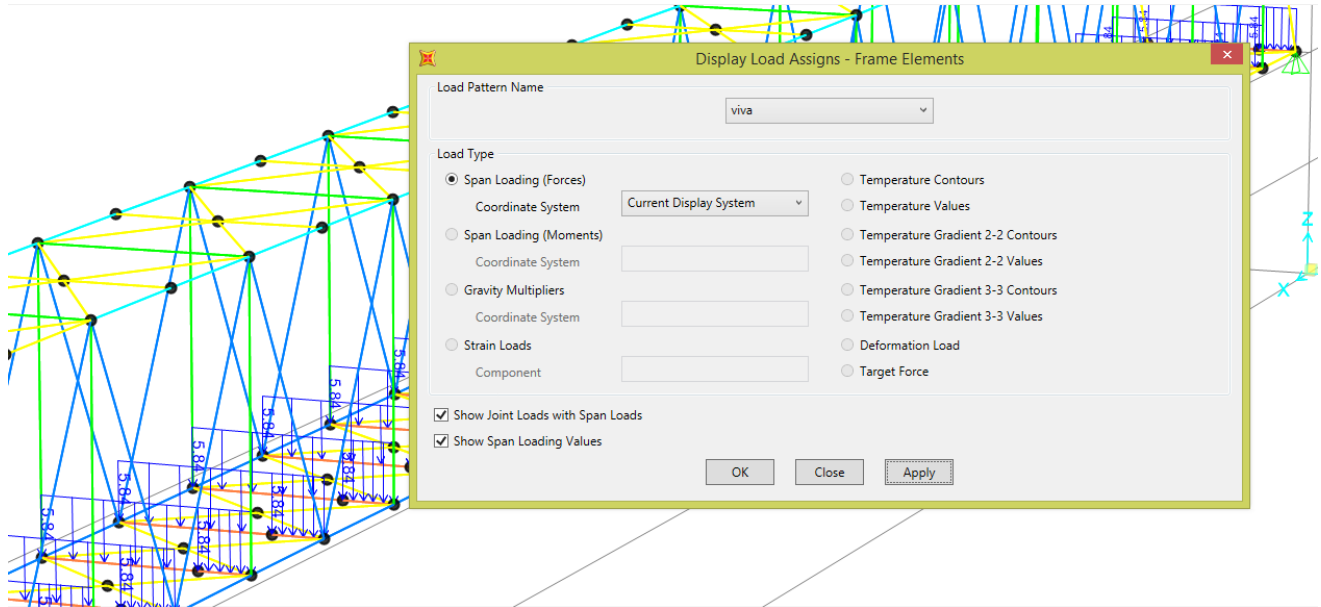


Ilustración 74. Aplicación de carga viva. Fuente: Propia

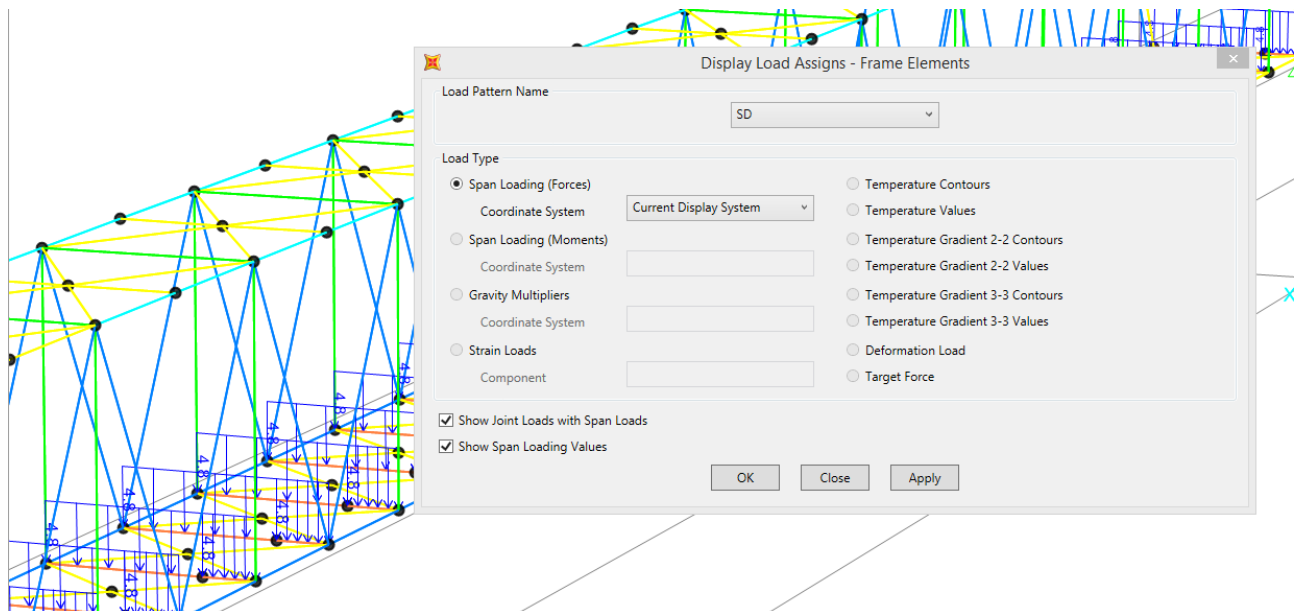


Ilustración 75. Aplicación carga muerta. Fuente: Propia.

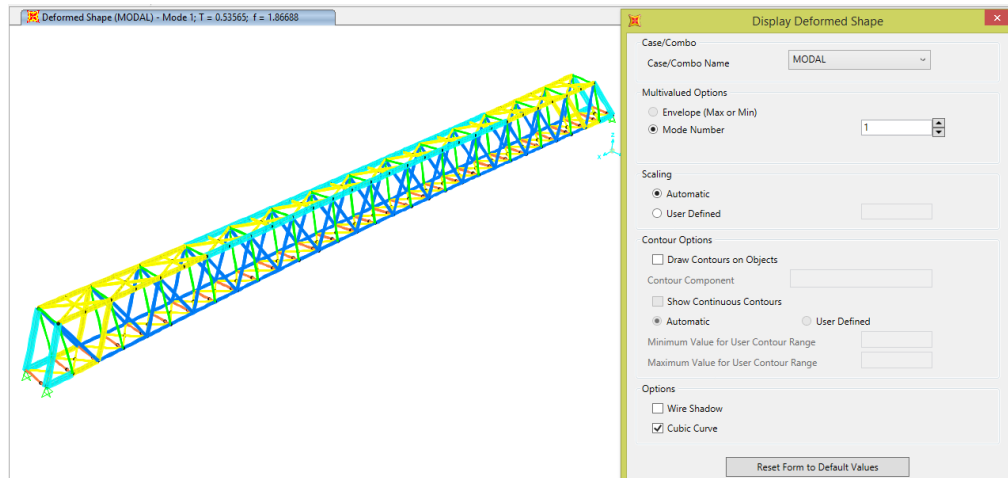


Ilustración 76. Periodo de la superestructura puente en estructura metálica. $T=0.53$ $f=1.86$. Fuente: Propia.

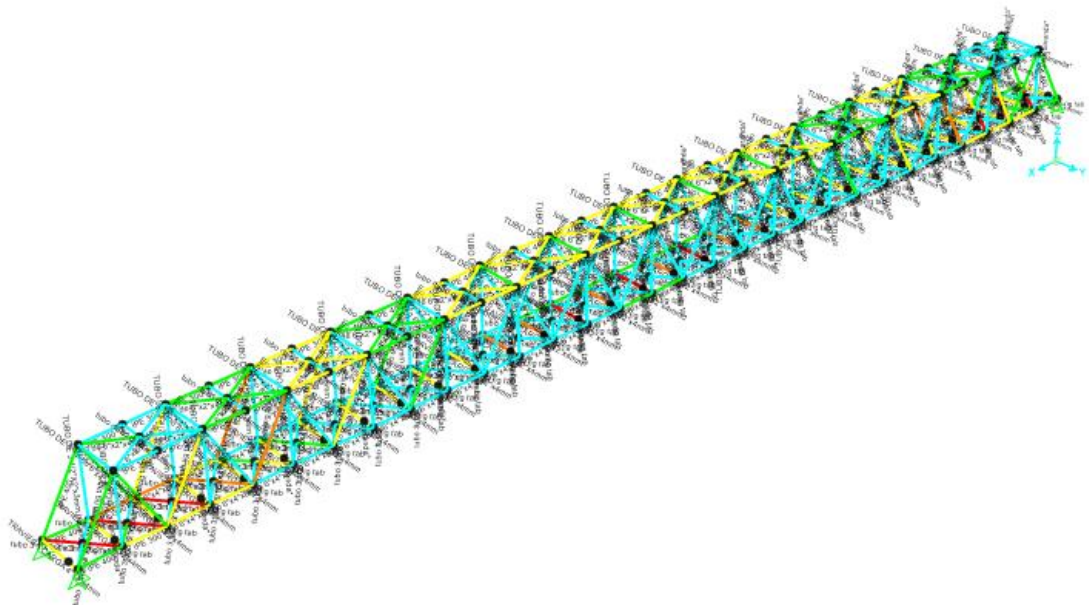


Ilustración 77. Diseño en SAP 2000 de puente en estructura metálica. Fuente: Propia

13.7. DISEÑO RAMPA DE ACCESO

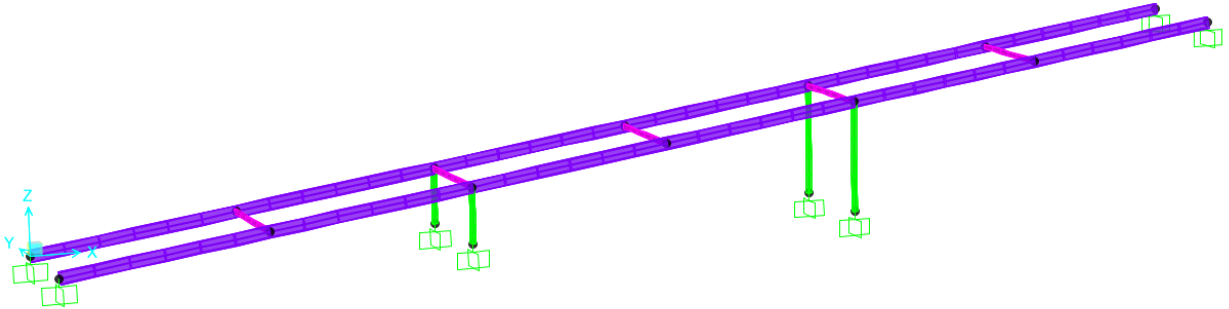


Ilustración 78. Rampa de acceso al puente. Fuente: Propia.

13.7.1. DEFINICION Y APLICACIÓN DE CARGAS

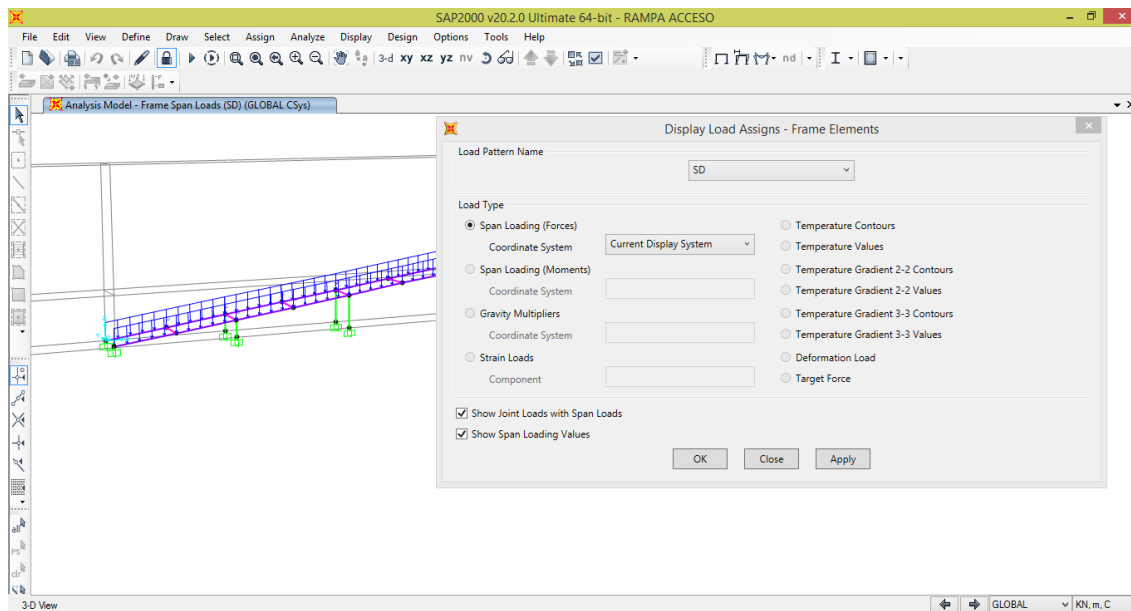


Ilustración 79. Aplicación de carga muerta. Fuente: Propia.

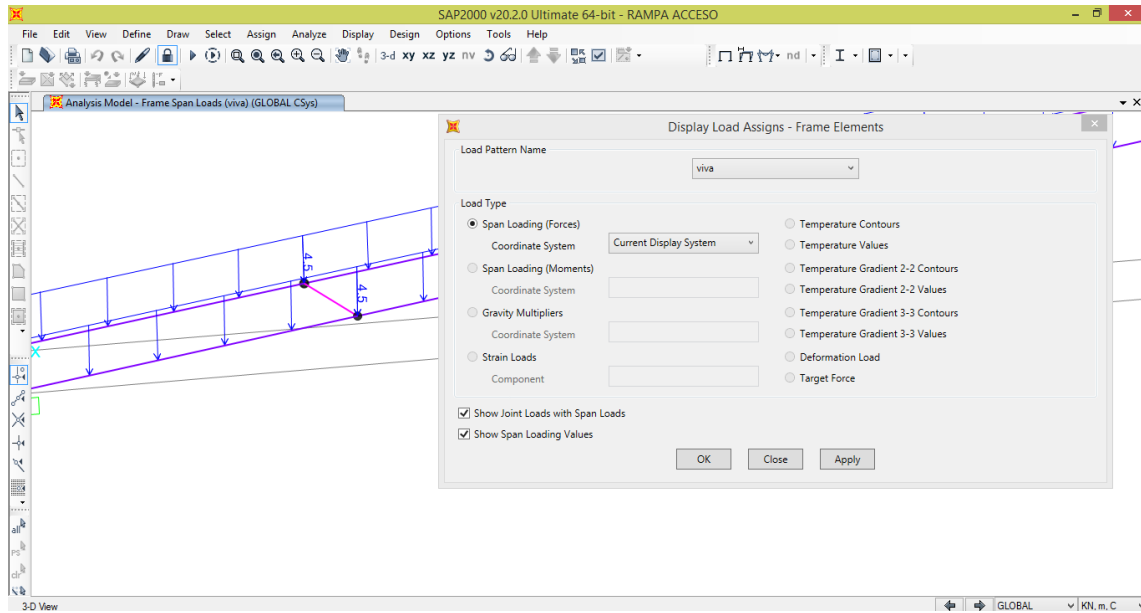


Ilustración 80. Aplicación de carga viva. Fuente: Propia.

13.7.2. DISEÑO ELEMENTOS DE ACERO.

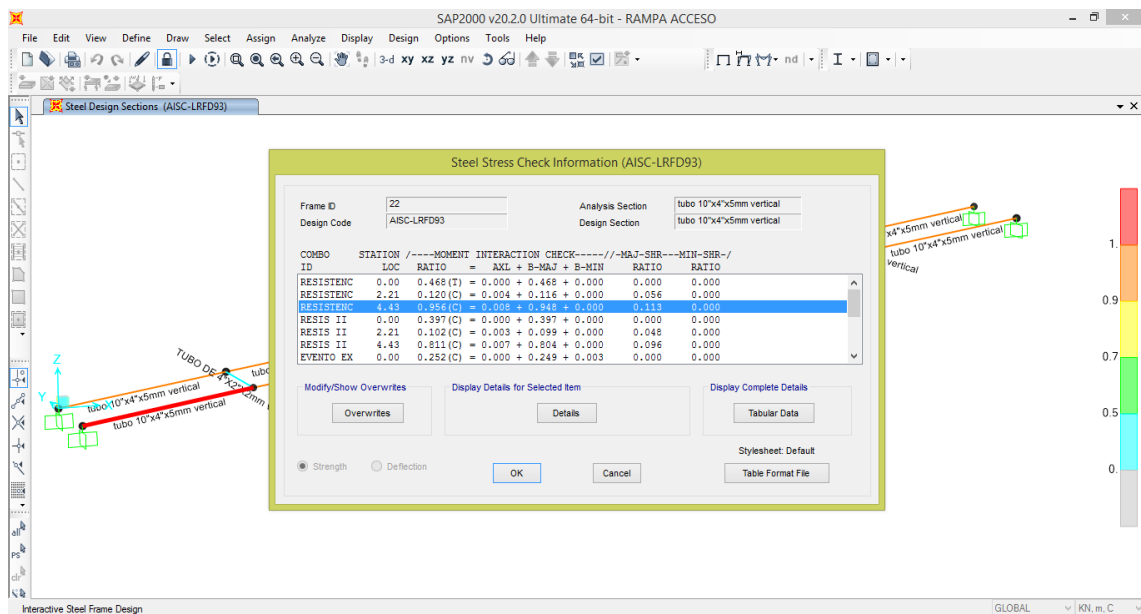


Ilustración 81. Diseño viga longitudinal. Fuente: Propia.

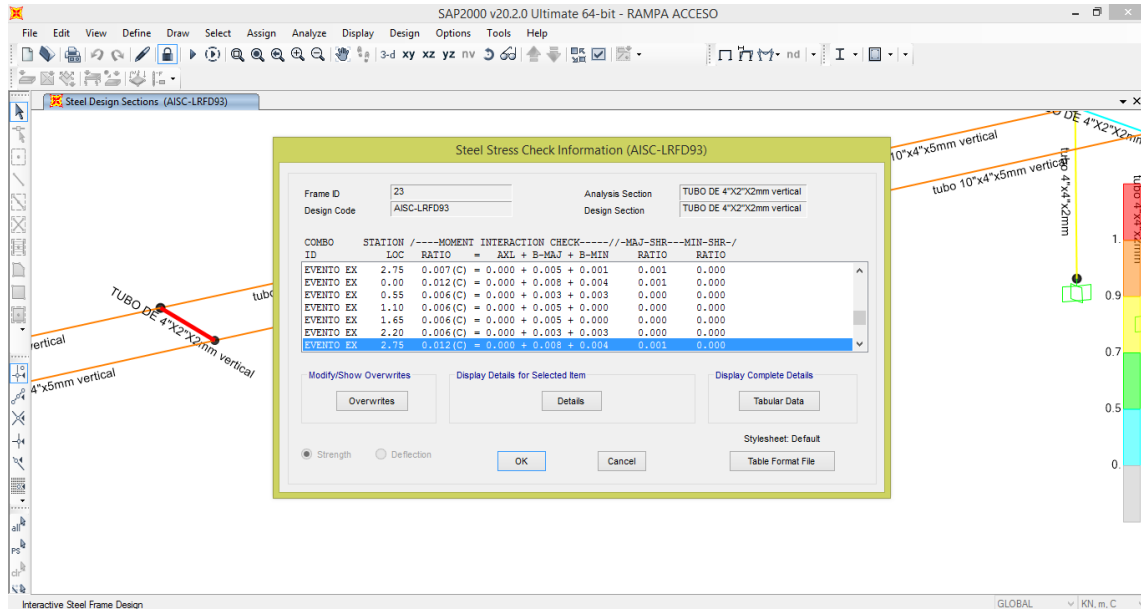


Ilustración 82. Diseño Rigidizador transversal. Fuente: Propia.

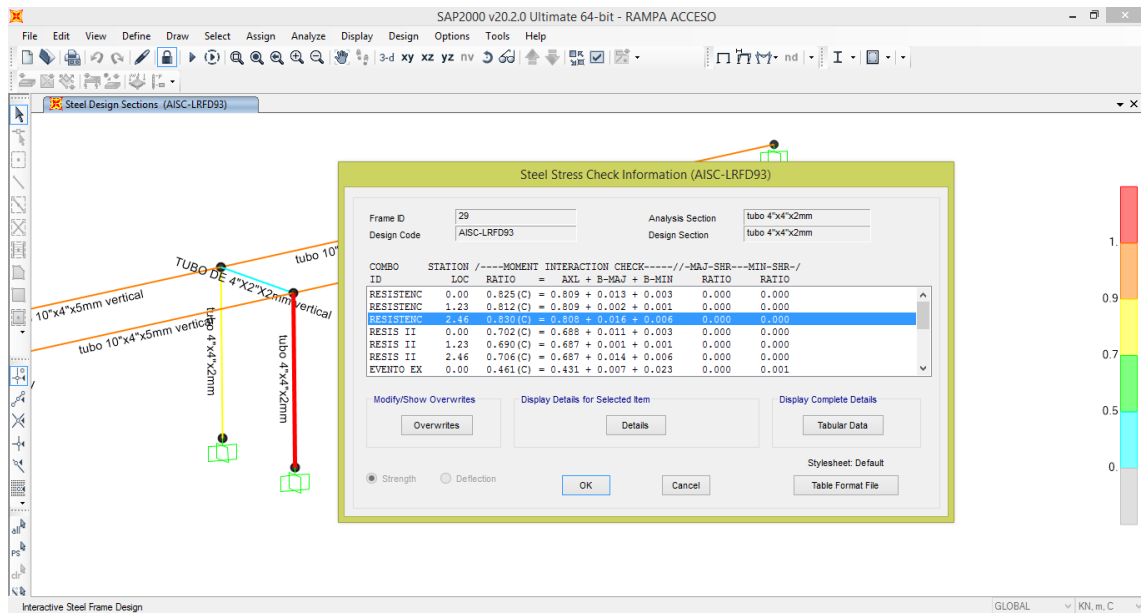


Ilustración 83. Soporte vertical. Fuente: Propia.



13.7.3. MEMORIAS DE CALCULO ELEMENTOS EN ACERO SAP 2000.

Tabla 25. Memoria de cálculo viga principal longitudinal. Fuente: Propia.

SAP2000		Engineer _____						
AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK								
Combo : RESISTENCIA I								
Units : KN, m, C								
Frame : 22	Design Sect: tubo 10"x4"x5mm vertical							
X Mid : 2.193	Design Type: Brace							
Y Mid : -2.750	Frame Type : Moment Resisting Frame							
Z Mid : 0.305	Sect Class : Slender							
Length : 4.427	Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3							
Loc : 4.427	RLLF : 1.000							
Area : 0.003	SMajor : 2.122E-04	rMajor : 0.088	AVMajor: 0.003					
IMajor : 2.653E-05	SMinor : 1.251E-04	rMinor : 0.043	AVMinor: 0.001					
IMinor : 6.253E-06	ZMajor : 2.665E-04	E : 199947978.80						
Ixy : 0.000	ZMinor : 1.390E-04	Fy : 344737.894						
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu		
4.427	-7.290	-77.568	-0.001	52.458	8.722E-04	-0.022		
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation (H1-lb)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
	0.956	= 0.008	+ 0.948	+ 0.000	0.950	Overstress		
AXIAL FORCE DESIGN								
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
	-7.290	457.071	1054.898					
MOMENT DESIGN								
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Minor Moment	-0.001	25.998	0.402	1.000	1.000	1.000	1.000	2.386
SHEAR DESIGN								
Major Shear	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion			
Minor Shear	8.722E-04	186.158	4.685E-06	OK	0.000			



Tabla 26. Memoria de cálculo rigidizador transversal. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

```

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
Combo : EVENTO EXTREMO I sis Y
Units : KN, m, C

Frame : 23          Design Sect: TUBO DE 4"X2"X2mm vertical
X Mid : 4.385      Design Type: Beam
Y Mid : -1.375     Frame Type : Moment Resisting Frame
Z Mid : 0.610      Sect Class : Slender
Length : 2.750     Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
Loc : 2.750        RLLF : 1.000

Area : 5.843E-04   SMajor : 1.551E-05      rMajor : 0.036          AVMajor: 4.002E-04
IMajor : 0.000     SMinor : 1.052E-05      rMinor : 0.021         AVMinor: 2.001E-04
IMinor : 0.000     ZMajor : 1.903E-05      E : 199947978.80
Ixy : 0.000        ZMinor : 1.172E-05      Fy : 344737.894

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Pu      Mu33      Mu22      Vu2      Vu3      Tu
2.750         -7.419E-04  -0.046    0.009    0.091    -0.007  -7.309E-05

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO
Governing      Total      P      MMajor      MMinor      Ratio      Status
Equation       Ratio      Ratio  Ratio      Ratio      Limit      Check
(H1-1b)        0.012    = 0.000  + 0.008  + 0.004    0.950      OK

AXIAL FORCE DESIGN
              Pu      phi*Pnc      phi*Pnt
              Force Capacity Capacity
Axial         -7.419E-04  51.178      181.282

MOMENT DESIGN
              Mu      phi*Mn      Cm      B1      B2      K      L      Cb
              Moment Capacity Factor Factor Factor Factor Factor Factor Factor
Major Moment  -0.046    5.903    0.850  1.000  1.000  1.000  1.000  2.740
Minor Moment  0.009     2.188    1.000  1.000  1.000  1.000  1.000

SHEAR DESIGN
              Vu      phi*Vn      Stress      Status      Tu
              Force Capacity Ratio      Check      Torsion
Major Shear  0.091     74.501    0.001      OK          0.000
Minor Shear  0.007     37.250    0.000      OK          0.000
    
```



Tabla 27. Memoria de cálculo soporte vertical. Fuente: Propia.

SAP2000

Engineer _____

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : RESISTENCIA I
 Units : KN, m, C

Frame : 29 Design Sect: tubo 4"x4"x2mm
 X Mid : 17.540 Design Type: Column
 Y Mid : -2.750 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 1.230 Sect Class : Slender
 Length : 2.460 Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 2.460 RLLF : 1.000

Area : 7.840E-04 SMajor : 2.511E-05 rMajor : 0.040 AVMajor: 4.000E-04
 IMajor : 1.255E-06 SMinor : 2.511E-05 rMinor : 0.040 AVMinor: 4.000E-04
 IMinor : 1.255E-06 ZMajor : 2.882E-05 E : 199947978.80
 Ixy : 0.000 ZMinor : 2.882E-05 Fy : 344737.894

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
2.460	-105.843	-0.094	0.034	0.069	-0.021	-7.679E-04

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1a)	0.830	= 0.808	+ 0.016	+ 0.006	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-105.843	130.988	243.247

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-0.094	5.220	0.280	1.000	1.000	1.000	1.000	2.232
Minor Moment	0.034	5.220	0.403	1.000	1.000	1.426	1.000	

SHEAR DESIGN

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check	Tu Torsion
Major Shear	0.069	74.463	0.001	OK	0.000
Minor Shear	0.021	74.463	0.000	OK	0.000

14. PRESUPUESTO PRELIMINAR GENERAL:

item								
I	PRELIMINAR							
1.1	CABLE PRINCIPAL						unidad	M2
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	LOCALIZACION Y REPLANTEO	cable principal	100	2.5			1	250

item								
II	CIMENTACIONES							
2.1	CABLE PRINCIPAL						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	MACIZO DE ANCLAJE	cable principal	6	4.6	2.1		1	57.96

2.2	CABLE PRINCIPAL						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	ESTRIBO	cable principal	3.5	2.6	2.4		1	21.84

item								
III	ESTRUCTURA COLGANTE							
3.1	CABLE PRINCIPAL						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CABLE 1 7/8" 6x26 (AA)	cable principal	465.6			8.8	1	4097.28

3.2	CABLE 1/2"						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CABLE 1/2" 6x26 (AA)	pendolon	258			0.626	1	161.508

3.3	PERROS DE AMARRE						unidad	UNIDAD
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	PERRO AMARRE 1 3/4"	cable principal					92	92



3.4	PERROS DE AMARRE						unidad	UNIDAD
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	PERRO AMARRE 1/2"	pendolon					116	116

item								
IV	BARANDA							
4.1	PASA MANOS						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	TUBO 3 1/2"x2"x1.5mm	baranda	206.44			3.18	1	656.4792

4.2	RIGIDIZADOR BARANDA						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	ANGULO 1 1/2"x1 1/2"x1/4"	baranda	183			3.53	1	645.99

4.3	MALLA ESLABONADA						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	MALLA ESLABONADA CAL 10	baranda	120		1.04	3.1	1	386.88

4.4	PARAL BARANDA						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	TUBO 3 1/2"x2"x3mm	baranda	236			6.13	1	1446.68

item								
V	SOPORTE LOSA							
5.1	TRAVIESA						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	TUBO 6"x2"x4mm	soporte losa	87			11.73	1	1020.51

5.2	RIGIDIZADOR INFERIOR LONGITUDINAL						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	TUBO 8"x4"x4mm	soporte losa	120			18.01	1	2161.2



5.3	RIGIDIZADOR TRANSVERSAL						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	TUBO 3 1/2"x2"x3mm	soporte losa	185.6			6.13	1	1137.728

item								
VI	COLUMNA 70x55 cm 2.1% acero							
6.1	ESTRIBOS						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 4	columna	2018.8			0.57	1	1150.716

6.2	REFUERZO PRINCIPAL						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA# 8	columna	1195.2			4	1	4780.8

6.3	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO	columna		0.55	15		1	8.25

item								
VII	VIGA 55x35 cm							
7.1	ESTRIBOS						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 3	viga 55x35cm	160.6			0.57	1	91.542

7.2	REFUERZO PRINCIPAL						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 4	viga 55x35cm	144			4	1	576

7.3	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO	viga 55x35cm	2.5	0.55	0.35		6	2.8875



item								
VIII	MACIZOS DE ANCLAJE							
8.1	ACERO DE RETRACCION Y TEMPERATURA						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 4	macizo de anclaje	817.8			0.57	1	466.146

8.2	PASADOR 4"						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	PASADOR 4"	macizo de anclaje	0.3			15.96	4	19.152

8.3	VIGA DE ANCLAJE						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	IPE 200	macizo de anclaje	24			22.4	1	537.6

8.4	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO BASE	base macizo	6	4.6	0.5		2	27.6

8.5	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO PARED	pared macizo	6	0.7	1.6		2	13.44

item								
IX	ESTRIBOS							
9.1	REFUERZO PRINCIPAL						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 6	ESTRIBO	134.75			2.25	1	303.1875

9.2	ACERO DE RETRACCION Y TEMPERATURA						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 4	ESTRIBO	873.85			1	1	873.85



9.3	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO DEDO	ESTRIBO	1.2	3.5	0.4		2	3.36

9.4	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO TALON	ESTRIBO	0.7	3.5	0.4		2	1.96

9.5	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO BRAZO	ESTRIBO	3.5	0.7	2		2	9.8

item								
X	LOSA TABLERO							
10.1	VARILLA # 4						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	VARILLA # 4	LOSA TABLERO	1500				1	1500

10.2	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	CONCRETO	LOSA TABLERO	60	2.5	0.1		1	15

10.3	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22	LOSA TABLERO	6	1		7.12	30	1281.6

item								
XI	RAMPA DE ACCESO							
11.1	VARILLA # 4						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	RAMPA DE ACCESO	LOSA ACCESO	200			0.991666667	1	198.33



11.2	CONCRETO						unidad	M3
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	RAMPA DE ACCESO	LOSA ACCESO	36	2.5	0.1		1	9

11.3	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	RAMPA DE ACCESO	LOSA ACCESO	6	1		7.12	21	897.12

11.4	TUBO 4"x4"x2mm						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	SOPORTE VERTICAL	LOSA ACCESO	12.5			6.07	1	75.875

11.5	TUBO 10"x4"x5mm						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	SOPORTE LONGITUDINAL	RAMPA ACCESO	80			26.18	1	2094.4

11.6	TUBO 4"x2"x2mm						unidad	KG
	descripción	localizacon	largo	ancho	alto	peso	cantidad	cantidad total
	SOPORTE TRANSVERSAL	RAMPA ACCESO	17.5			4.5	1	78.75



PUENTE COLGANTE L=60.00 metros					
capitulo e item	descripción	unidad	cantidad	vlr unit	valor final
I	PRELIMINAR				\$ 500,000
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	250	\$ 2,000	\$ 500,000
II	EXCAVACION DE CIMENTACIONES				\$ 24,893,610
2.1	MACIZO DE ANCLAJE	M3	57.96	\$ 311,950	\$ 18,080,622
2.2	ESTRIBO	M3	21.84	\$ 311,950	\$ 6,812,988
III	ESTRUCTURA COLGANTE				\$ 116,415,779
3.1	CABLE 1 7/8" 6x26 (AA)	KG	4097.28	\$ 19,407	\$ 79,515,913
3.2	CABLE 1/2" 6x26 (AA)	KG	161.508	\$ 20,975	\$ 3,387,630
3.3	PERRO AMARRE 1 3/4"	UNIDAD	92	\$ 334,720	\$ 30,794,240
3.4	PERRO AMARRE 1/2"	UNIDAD	116	\$ 23,431	\$ 2,717,996
IV	BARANDA				\$ 31,165,309
4.1	TUBO 3 1/2"x2"x1.5mm	KG	381.6	\$ 10,321	\$ 3,938,494
4.2	ANGULO 1 1/2"x1 1/2"x1/4"	KG	645.99	\$ 8,946	\$ 5,779,027
4.3	MALLA ESLABONADA CAL 10	KG	386.88	\$ 11,231	\$ 4,345,049
4.4	TUBO 3 1/2"x2"x3mm	KG	882.72	\$ 9,861	\$ 8,704,502
V	SOPORTE LOSA				\$ 42,920,311
5.1	TUBO 6"x2"x4mm	KG	1020.51	\$ 10,005	\$ 10,210,203
5.2	TUBO 8"x4"x4mm	KG	2161.2	\$ 9,944	\$ 21,490,973
5.3	TUBO 3 1/2"x2"x3mm	KG	1137.728	\$ 9,861	\$ 11,219,136
VI	COLUMNA 70x55 cm 2.1% acero				\$ 25,553,997
6.1	VARILLA # 4	KG	1150.716	\$ 3,800	\$ 4,372,720.80
6.2	VARILLA# 8	KG	4780.8	\$ 3,800	\$ 18,167,040.00
6.3	CONCRETO 21 Mpa	M3	8.25	\$ 365,362	\$ 3,014,236.50



capitulo e item	descripción	unidad	cantidad	vlr unit	valor final
VII	VIGA 55x35 cm				\$ 3,591,642
7.1	VARILLA # 3	KG	91.542	\$ 3,800	\$ 347,860
7.2	VARILLA # 4	KG	576	\$ 3,800	\$ 2,188,800
7.3	CONCRETO 21 Mpa	M3	2.8875	\$ 365,362	\$ 1,054,983
VIII	MACIZOS DE ANCLAJE				\$ 22,023,203
8.1	VARILLA # 4	KG	466.146	\$ 3,800	\$ 1,771,355
8.2	PASADOR 4"	KG	19.152	\$ 3,800	\$ 72,778
8.3	IPE 200	KG	537.6	\$ 9,644	\$ 5,184,614
8.4	CONCRETO BASE 21MPa	M3	27.6	\$ 365,362	\$ 10,083,991
8.5	CONCRETO PARED 21 Mpa	M3	13.44	\$ 365,362	\$ 4,910,465
IX	ESTRIBOS				\$ 9,997,015.94
9.1	VARILLA # 6	KG	303.1875	\$ 3,800	\$ 1,152,112.50
9.2	VARILLA # 4	KG	873.85	\$ 3,800	\$ 3,320,630.00
9.3	CONCRETO DEDO 21MPa	M3	3.36	\$ 365,362	\$ 1,227,616.32
9.4	CONCRETO TALON 21 Mpa	M3	1.96	\$ 365,362	\$ 716,109.52
9.5	CONCRETO BRAZO 21 Mpa	M3	9.8	\$ 365,362	\$ 3,580,547.60
X	LOSA TABLERO				\$ 24,811,528
10.1	VARILLA # 4	KG	1500	\$ 3,800	\$ 5,700,000
10.2	CONCRETO	M3	15	\$ 365,362	\$ 5,480,430
10.3	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22	KG	1281.6	\$ 10,636	\$ 13,631,098
XI	RAMPA DE ACCESO				\$ 35,015,608
11.1	VARILLA # 4	KG	198.33	\$ 3,800	\$ 753,667
11.2	CONCRETO 21 Mpa	M3	9	\$ 365,362	\$ 3,288,258
11.3	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22	KG	897.12	\$ 10,636	\$ 9,541,768
11.4	TUBO 4"x4"x2mm	KG	75.875	\$ 9,481	\$ 719,371
11.5	TUBO 10"x4"x5mm	KG	2094.4	\$ 9,533	\$ 19,965,915
11.6	TUBO 4"x2"x2mm	KG	78.75	\$ 9,481	\$ 746,629
COSTO DIRECTO					\$ 313,582,913



PUENTE ESTRUCTURA METALICA L=60.00 metros					
capitulo e item	descripción	unidad	cantidad	vlr unit	valor final
I	PRELIMINAR				\$ 500,000
1.1	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	250	\$ 2,000	\$ 500,000
II	CIMENTACIONES				\$ 24,893,610
2.1	MACIZO DE ANCLAJE	M3	57.96	\$ 311,950	\$ 18,080,622
2.2	ESTRIBO	M3	21.84	\$ 311,950	\$ 6,812,988
III	ESTRUCTURA METÁLICA				\$ 322,319,385
3.1	TUBO 3 1/2"x2"x3mm	KG	13077.774	\$ 10,000	\$ 130,777,740
3.2	TUBO 4"x2"x4mm	KG	622.775	\$ 10,000	\$ 6,227,750
3.3	IPE 300	KG	2194.4	\$ 10,000	\$ 21,944,000
3.4	TUBO 6"x2"x4mm	KG	2955.96	\$ 10,000	\$ 29,559,600
3.5	TUBO 6"x4"x4mm	KG	12994.1495	\$ 10,000	\$ 129,941,495
3.6	MALLA	KG	386.88	\$ 10,000	\$ 3,868,800
IX	ESTRIBOS				\$ 9,997,031.06
9.1	VARILLA # 6	KG	303.1875	\$ 3,800	\$ 1,152,112.50
9.2	VARILLA # 4	KG	873.85	\$ 3,800	\$ 3,320,630.00
9.3	CONCRETO DEDO 21 MPa	M3	3.36	\$ 365,363	\$ 1,227,619.68
9.4	CONCRETO TALON 21 MPa	M3	1.96	\$ 365,363	\$ 716,111.48
9.5	CONCRETO BRAZO 21 Mpa	M3	9.8	\$ 365,363	\$ 3,580,557.40
X	LOSA TABLERO				\$ 24,811,528
10.1	VARILLA # 4	KG	1500	\$ 3,800	\$ 5,700,000
10.2	CONCRETO 21 Mpa	M3	15	\$ 365,362	\$ 5,480,430
10.3	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22	KG	1281.6	\$ 10,636	\$ 13,631,098
XI	RAMPA DE ACCESO				\$ 35,071,273
11.1	VARILLA # 4	KG	198.33	\$ 3,800	\$ 753,667
11.2	CONCRETO 21 Mpa	M3	9	\$ 365,362	\$ 3,288,258
11.3	LAMINA STEEL DECK CALIBRE 22	KG	897.12	\$ 10,636	\$ 9,541,768
11.4	TUBO 4"x4"x2mm	KG	75.875	\$ 9,841	\$ 746,686
11.5	TUBO 10"x4"x5mm	KG	2094.4	\$ 9,533	\$ 19,965,915
11.6	TUBO 4"x2"x2mm	KG	78.75	\$ 9,841	\$ 774,979
COSTO DIRECTO					\$ 417,592,826



15. CONCLUSIONES.

- Los apiques realizados en el subsuelo para la parte del estudio geotécnico, sirvieron para estimaciones de valores del suelo de soporte, basándose en tablas con valores característicos, pero no tienen un grado de fiabilidad dada por un laboratorio, por lo cual es necesario realizar los estudios de suelos como lo indica la norma CCP-14.
- Entre las dos tipologías propuestas “puente colgante y puente en estructura metálica”, se logra determinar que la mejor opción es el puente colgante, debido a su menor valor económico y facilidad en su construcción.



16. OBSERVACIONES.

- Las comunidades involucradas participaron activamente cuando fue necesario hacer trabajo de campo, también brindaron información valiosa, facilitando así el desarrollo del proyecto.
- Al puente en estructura metálica no se lo profundizó en su diseño, pues de ante mano se suponía que resultaría más costoso y complicada su construcción, se diseñó únicamente para validar de forma numérica la suposición.



17. RECOMENDACIONES.

- Realizar un estudio de suelos como lo solicita la norma CCP-14, para poder optimizar el diseño de la subestructura.
- Se debe profundizar el estudio hidráulico para obtener un perfil de socavación y con eso mejorar la implantación del puente.
- Realizar el presupuesto definitivo, considerando los nuevos cambios que se generen en las cimentaciones las cuales deben ser rediseñadas con los valores que aporte el estudio de suelo correspondiente.



18. BIBLIOGRAFÍA

- INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*.
- Guevara Álvarez, M.E. (marzo 2001). *Socavación en puentes*. Popayán: Universidad del Cauca.
- IDEAM. Datos abiertos.
- Evaluación de crecientes para el Diseño de los puentes Pata, Saraconcho y Guachicono en Colombia” a cargo de Juan Sebastián Torres Sanches, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de ingeniería civil, programa de ingeniería civil, Bogota D.C 2013
- Estimación preliminar de las propiedades del suelo.
- INVIAS. *Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14* .
- Colmena. LÁMINA COLABORANTE DECK-STEEL Grado 40/37 Altura 2” - Ancho útil 0,94 m NTC 5805. Recuperado de: <http://tuboscolmena.com/colmena/wp-content/uploads/2015/02/DeckSteel.pdf>

SOFTWARE

- Autodesk (2019) Autocad [Software]. Obtenido de: <https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>
- SAP 2000 [Software]. Obtenido de: <http://www.aportesingecivil.com/>
- Mathcad.[Software]. Obtenido de: <https://www.ptc.com/es/products/mathcad>
- Excel. (2013).[Software]. Obtenido de: <https://products.office.com/es-co/excel>
- Autodesk (2019) Revit [Software]. Obtenido de: <https://www.autodesk.com/education/free-software/revit>.
- PIX 4D [Software].
- Agisoft Photo Scan [Software].
- Quick Terrain [Software].