



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUENTE COLGANTE MIXTO DE 110m DE
LONGITUD Y 4.5m DE ANCHO PARA VEHÍCULOS LIVIANOS DE MÁXIMO
1000KG.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico.

AUTOR: ROMMEL FABIÁN ANDRADE CHANGUAN

TUTOR: WILLIAM GUSTAVO DÍAZ DÁVILA

Quito – Ecuador

Mayo 2023

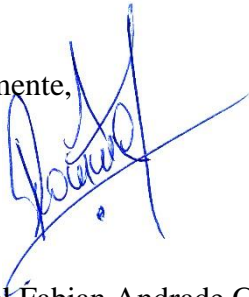
CERTIFICADO DE REPOSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Yo, Rommel Fabian Andrade Changuan, con documento de identificación N° 1720078730, manifiesto que:

Soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, mayo de 2023.

Atentamente,



Rommel Fabian Andrade Changuan

1720078730

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.**

Yo, Rommel Fabian Andrade Changuan con documento de identificación N° 1720078730, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño y simulación de un puente colgante mixto de 110m de longitud y 4.5m de ancho para vehículos livianos de máximo 1000kg.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, mayo de 2023

Atentamente,



Rommel Fabian Andrade Changuan.

1720078730

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, William Gustavo Díaz Dávila con documento de identificación N° 0400926184, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi autoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUENTE COLGANTE MIXTO DE 110m DE LONGITUD Y 4.5m DE ANCHO PARA VEHÍCULOS LIVIANOS DE MÁXIMO 1000KG, realizado por Rommel Fabian Andrade Changuan con documento de identificación N° 1720078730, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, mayo 2023

Atentamente



Ing. William Gustavo Díaz Dávila, MSc.

0400926184

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluyen este.

Me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias Mamá

Gracias Papá

Índice de contenido

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN:.....	1
OBJETIVO GENERAL:	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS:	2
ALCANCE:	2
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2. Tipos de Puentes.	6
1.2.1. Según su estructura.....	6
Figura 1. Distribución de un puente colgante.	7
Figura 2. Partes de un puente colgante.	7
Figura 4. Péndolas.	8
1.2.2. Según el material	10
1.3 Estudios Hidrográficos	11
1.3.1. Características de Forma	11
1.3.2. Socavación	11
1.4 Estudio de suelos.....	12
CAPÍTULO II.....	13
2.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	13
2.2. Parámetros de selección de alternativas.	19
Tabla 1. Selección de alternativas.....	20
CAPÍTULO III.....	21
DISEÑO Y SIMULACIONES	21
3.1. Diseño estructural.	21
3.1.1 Cargas por el peso Propio.....	21
3.1.2 Peso de la calzada.....	21
3.1.3 Peso de las vigas de madera.....	22
3.1.4 Carga Superficial	22
3.1.5. Peso de las vigas metálicas transversales.	22
3.1.6. Peso de las vigas metálicas longitudinales.....	24
3.1.7. Resumen de cargas.....	25

3.1.8. Diseño de vigas metálicas transversales.	25
Figura 14. Esquema de fuerzas en viga secundaria.	26
3.1.9. Diseño de vigas Principales longitudinales.	27
3.2. Cálculo de reacciones en las vigas transversales	28
3.2.1. Cable principal	30
3.3. Cámara de anclaje	31
Figura 15. Cámara de anclaje.	31
3.4. Madera como elemento de diseño	32
Figura 16. Armado de estructura para el piso del puente.	32
3.5. Simulación en SAP2000	33
Figura 17. Simulación en SAP2000	33
Figura 18. Perfil W8x18	34
Figura 19. Perfil W18x35.	35
Figura 20. Cable a ocupar diámetro 9cm.	36
Figura 21. Tensor a ocupar diámetro 6cm.	37
Figura 22. Dibujo en sap2000 de la estructura del puente.	37
Figura 23. Deflexión calculada en SAP2000.	38
Figura 24. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos, en el cable.	39
Figura 25. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos de viga principal.	40
Figura 26. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos de viga Transversal.	41
Figura 27. Diagrama de SAP2000 resumen de fuerzas en cable para cálculo de diámetro a utilizar.	42
CAPÍTULO IV.....	43
COSTOS GENERALES	43
4.1 COSTOS	43
4.1.1. Costos de Materiales	43
Tabla 2. Costos de materiales.	43
4.1.2 Costos de fabricación.	43
Tabla 3. Costos de fabricación.	44
4.1.2 Costos de montaje en Obra.	44
Tabla 4. Costos de montaje en obra.	44
4.1.3 Otros costos.	44
Tabla 5. Otros costos indirectos.	45
4.1.4. COSTOS TOTALES.....	45

Tabla 6. Costos Totales.	45
CONCLUSIONES GENERALES.....	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS.....	49

Índice de tablas.

Tabla 1. Selección de alternativas.....	20
Tabla 2. Costos de materiales.....	43
Tabla 3. Costos de fabricación.....	44
Tabla 4. Costos de montaje en obra.....	44
Tabla 5. Otros costos indirectos.....	45
Tabla 6. Costos Totales.....	45

Índice de Figuras.

Figura 1. Composición de un puente colgante.....	7
Figura 2. Partes de un puente colgante.	7
Figura 3. Cable principal..	8
Figura 4. Péndolas..	8
Figura 5. Viga transversal.	9
Figura 6: Torres del puente..	9
Figura. 7. Sección transversal del cauce	11
Figura 8. Cruce de la tubería de agua potable en el sitio propuesto para la implantación del puente.....	13
Figura. 9. Ubicación del puente propuesto.	14
Figura 10. Implantación del puente sobre el Brazo de mar – Tambillo..	15
Figura 11. Sección Longitudinal Alternativa 1.	16
Figura 12. Sección Típica Alternativa 2.....	17
Figura 13. Sección Típica Alternativa 3.....	18
Figura 14. Esquema de fuerzas en viga secundaria.....	26
Figura 15. Cámara de anclaje.	31
Figura 16. Armado de estructura para el piso del puente.	32
Figura 17. Simulación en SAP2000	33
Figura 18. Perfil W8x18	34
Figura 19. Perfil W18x35.	35
Figura 20. Cable a ocupar diámetro 9cm.	36
Figura 21. Tensor a ocupar diámetro 6cm.	37
Figura 22. Dibujo en sap2000 de la estructura del puente.	37
Figura 23. Deflexión calculada en SAP2000.	38
Figura 24. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos, en el cable.	39
Figura 25. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos de viga principal.	40
Figura 26. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos de viga Transversal.....	41
Figura 27. Diagrama de SAP2000 resumen de fuerzas en cable para cálculo de diámetro a utilizar.	42

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo el diseño y simulación de un puente colgante con piso de madera ubicado en un brazo de mar entre los cantones de San Lorenzo y Tambillo.

Esto debido a que la comunicación entre las dos poblaciones es por vía marítima siendo una alternativa muy demorosa para conectar los dos cantones.

Se planteó construir un puente colgante con dos vigas principales unidas por vigas secundarias transversales y sostenidos por cables.

Adicionalmente la estructura a utilizar fue construida con vigas de acero A36, debido a que es un material comercial y de buen esfuerzo admisible.

Se utilizó cables de acero A50 que proporciona la dureza y estabilidad a la estructura dando un mínimo movimiento de deflexión.

Se analizaron los datos obtenidos en una simulación realizada en el programa SAP 2000 que indicó que el proyecto es admisible en esfuerzos y deflexiones.

Se colocó con un tablero hecho de madera para la calzada del puente, esto con el fin de disminuir el costo de materiales a utilizar.

Se ancló el piso de madera con vigas de madera sobre la estructura metálica.

Sobre estas vigas se ancla el piso de madera con tablonés de 4 cm.

Se recomendó colocar barandas de seguridad construidas con tubos galvanizados de 2 pulgadas de diámetro.

Este puente benefició a las localidades de San Lorenzo y Tambillo para la comercialización y movilidad de los habitantes.

ABSTRACT

The objective of this project was the design and simulation of a suspension bridge with a wooden floor located in an arm of the sea between the cantons of San Lorenzo and Tambillo.

This is because the communication between the two populations is by sea, being a very time-consuming alternative to connect the two cantons.

It was proposed to build a suspension bridge with two main beams joined by secondary cross beams and supported by cables.

Additionally, the structure to be used was built with A36 steel beams, due to the fact that it is a commercial material and has a good admissible effort.

A50 steel cables were used, which provide strength and stability to the structure, giving a minimum deflection movement.

The data obtained in a simulation carried out in the SAP 2000 program were analyzed, which indicated that the project is admissible in efforts and deflections.

It was placed with a board made of wood for the bridge road, this in order to reduce the cost of materials to be used.

The wooden floor was anchored with wooden beams on the metal structure.

On these beams the wooden floor is anchored with 4 cm planks.

It was recommended to place safety railings built with 2-inch diameter galvanized tubes.

This bridge benefited the towns of San Lorenzo and Tambillo for the commercialization and mobility of the inhabitants.

INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de conectar las localidades de San Lorenzo y Tambillo, ubicados en un brazo de mar en la parroquia de San Lorenzo, Cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas, se planificó colocar un puente que conecte estas dos localidades debido a que actualmente el único método de comunicación entre las mismas es por vía marítima y toma cerca de 30 minutos llegar del puerto de San Lorenzo al puerto de Tambillo en embarcación.

Esto hace que los habitantes del sector de Tambillo tengan que movilizarse de manera muy riesgosa en épocas de invierno y acoplándose a los horarios de trabajo de las embarcaciones que prestan el servicio de movilización vía marítima por el océano pacífico.

Para solucionar el problema de comunicación entre estas dos localidades se plantea la construcción de un puente de 110 metros de longitud y de 4.5 metros de largo de uso mixto que conecte las dos localidades vía terrestre.

JUSTIFICACIÓN:

Con este proyecto se logrará conectar las localidades de San Lorenzo y Tambillo ubicados en un brazo de mar en el Cantón San Lorenzo en la Provincia de Esmeraldas para el intercambio comercial, social y cultural entre ambas localidades.

Actualmente la movilización vía marítima, tienen la particularidad en época lluviosa de ser muy restringida, por lo cual la utilización de embarcaciones es muy peligrosa, esta circunstancia justificaría la habilitación del puente que una las dos localidades vía terrestre.

OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar y simular un puente colgante mixto de 110m de longitud y 4.5m de ancho para vehículos livianos de máximo 1000 Kg mediante un software especializado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Estudiar la situación vial del país en las comunidades rurales para comunicación con este tipo de puentes.
- Proponer alternativas y seleccionar la idónea para solucionar la problemática.
- Diseñar la estructura metálica del puente colgante.
- Validar el diseño mediante software especializado.
- Analizar los costos de inversión para la construcción del puente colgante.

ALCANCE:

El proyecto consiste en el diseño, elaboración de planos y factibilidad del puente colgante mixto para soportar vehículos livianos de máximo 1000 kg.

El puente se diseñó mediante dos pilares con soportes galápagos en sus cimas para tensionar los cables de sujeción. Los pilares de hormigón armado serán de 20 m de altura anclados al suelo del terreno.

El puente se tensó por medio de dos cables de diámetro nueve centímetros que están apoyados en los pilares y sus extremos están sujetos a dos cables en cada extremo de seis centímetros de diámetro, estos cables se anclaron a un mojón piramidal construido de hormigón armado de 4.10 metros de largo por 4 metros de ancho por 3.8 metros de altura.

Se utilizó cables pendolones que se unen con abrazaderas a lo largo de los cables principales, estos cables son de diámetro 6 centímetros y en uno de sus extremos tendrá un elemento tensor para mejorar la sujeción de los pendolones a los cables principales.

La armadura del piso del puente fue apoyada en los pilares con perfiles principales longitudinales tipo W18x35. Anclados con pernos a placas soldadas de 70x40x4.75mm a perfiles tipo W8x13 transversales. Sobre estos perfiles transversales se colocaron vigas de madera de 120x60mm con una longitud de 2m sobre estas vigas se coloca una cama de tablonces de 200x40mm de longitudes de 2.4 metros y 1.2 metros.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Esmeraldas (GADPE), en su afán de mejorar la calidad de vida de sus habitantes, está implementando un plan de construcción, rehabilitación y mejoramiento de vías y puentes dentro del territorio de su jurisdicción.

En tal sentido, durante los primeros meses del año 2015, el GADPE, con el apoyo del Banco del Estado (BEDE), identificó la necesidad inmediata de realizar los estudios de ingeniería y diseño que corresponde al **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PUENTE COLGANTE MIXTO DE 110m DE LONGITUD Y 4.5m DE ANCHO PARA VEHÍCULOS LIVIANOS DE MÁXIMO 1000KG.”**. La construcción de esta obra, permitirá a los usuarios y habitantes del sector, una adecuada, cómoda y segura circulación vehicular, ya que en la actualidad no existe un puente, para poder cruzar el brazo de mar, los habitantes alquilan lanchas o barcas, lo cual dificulta el acceso de los pobladores de las comunidades aledañas. El puente del Brazo de mar - Tambillo, fomentará el desarrollo de un amplio sector de la Provincia de Esmeraldas, específicamente en la Parroquia Tambillo, así como de varios asentamientos humanos localizados a lo largo del camino y la zona de influencia directa, satisfaciendo sus necesidades de intercambio comercial, fomento agropecuario, turístico entre otros.

Se ha realizado los trabajos de campo y estudios técnicos correspondientes, para definir el diagnóstico preliminar de la zona de influencia directa con 7,853 hectáreas, la prefactibilidad de construir la obra y dos alternativas constructivas del puente para la aprobación por parte del GADPE, previo a la realización de los estudios específicos y diseños definitivos.

Los caminos vecinales en nuestro país, tienen la particularidad de ser caminos de verano en un gran porcentaje, por lo cual en la época lluviosa su utilización es muy restringida y el tránsito por el mismo es peligroso, esta circunstancia justificaría la rehabilitación del mismo dependiendo de su potencial agrícola, así como de la población que habita en el trayecto de la vía.

Para el diseño del puente colgante se utilizó estudios en campo tales como: estudio de suelos, topográfico e hidrográfico y se concluyó que en el diseño estructural de este puente hay que utilizar el análisis de cargas debido a que los cables principales trabajan a tensión, y son los encargados de transmitir las cargas a compresión hacia las torres, estas cargas deben ser tomadas en cuenta en el diseño pero no se realizarán de manera metodológica en esta tesis debido a que son torres de hormigón armado y solo se va a realizar el diseño estructural del puente.

Esta estructura está compuesta por 2 vigas sujetas a tensión; ubicadas debajo del puente, una a cada lado, y 22 vigas transversales que harán de soporte y distribución a las cargas aplicadas.

Se analizó el costo de la construcción de este proyecto teniendo en cuenta 3 alternativas, dando como la más viable a la alternativa del puente colgante mixto (alternativa 2, ver pág. 18) por ser más económico y más rápido en su construcción.

1.2. Tipos de Puentes.

La construcción de puentes se remonta a épocas muy antiguas, se construían puentes colgantes de un vegetal trenzado muy resistente, posteriormente con el avance de la tecnología empezaron a surgir los puentes de piedra, madera, concreto y por último los puentes de estructura metálica.

1.2.1. Según su estructura.

Los puentes según su tipo de estructura se dividen en:

Puentes rectos o puentes viga.

Estos puentes tienen el camino de rodadura igual a la estructura principal, esta es una definición que se aprecia desde el lado móvil de los elementos estructurales.

Los puentes rectos utilizan cargas a flexión, corte y torsión como mecanismo primordial para transmitir las cargas hacia la base o cimentación.

Puentes colgantes.

Los puentes colgantes son un tipo de puente en el que la plataforma se cuelga mediante cables de suspensión verticales llamados péndolas y cables longitudinales comprendidos entre torres, dichos cables soportan el peso del tablero inferior, sobre los que se aplica las cargas.

Esta disposición permite que la plataforma esté nivelada para tener tolerancia en la rigidez del puente.

La composición estructural de un puente colgante es la que se muestra en la figura 1.

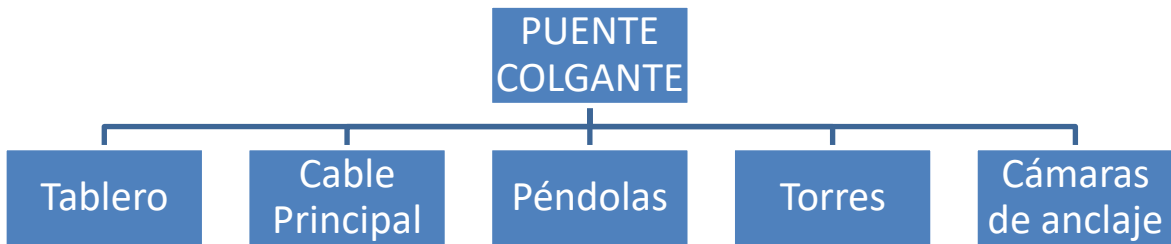


Figura 1. Distribución de un puente colgante.

La necesidad de atravesar accidentes geográficos tales como: ríos o quebradas, ha permitido la construcción de varios tipos de puentes entre estos los puentes colgantes. [1]

Las características de los puentes colgantes se pueden apreciar en la figura 2.

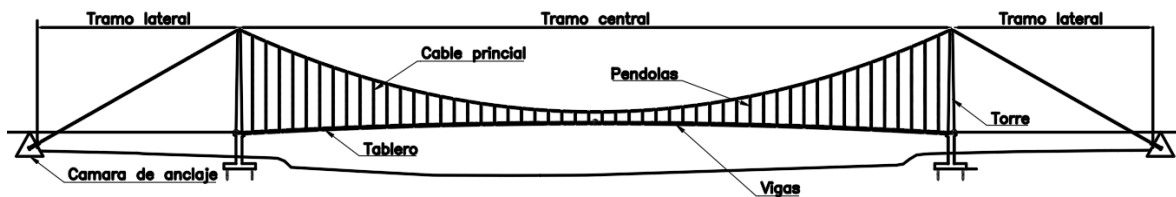


Figura 2. Partes de un puente colgante.

- Tramo central: es la longitud del puente entre torres, tiene la luz más grande y se encuentra dentro de las mismas, está formado por vigas estructurales longitudinales y transversales, su armadura está hecha de madera para reducir cargas muertas.
- Dos tramos laterales: es la longitud del puente que va desde las torres hacia las cámaras de anclaje, generalmente sus luces están consideradas en un rango del 20% a 50% de la luz del tramo central.
- Péndolas: son cables verticales que sujetan la estructura del puente desde el cable principal. Tal como lo muestra la figura 4.
- Tablero: es el piso o rodadura del puente, está ubicado sobre la estructura de acero anclado en la superficie del mismo.

- Vigas: son las encargadas de distribuir las cargas a lo largo de la calzada impidiendo las deformaciones del puente.
- Cámaras de anclaje: sirve para anclar los cables tensores al suelo, están hechas de concreto para resistir las fuerzas de los cables a tensión. [1]
- Cable principal: es una de las partes más importante de la estructura ya que sostiene todo el peso y cargas que se distribuyen a lo largo de las vigas. Se ubica entre las torres y desciende a las cámaras de anclaje para su sujeción. Tal como lo muestra la figura 3.

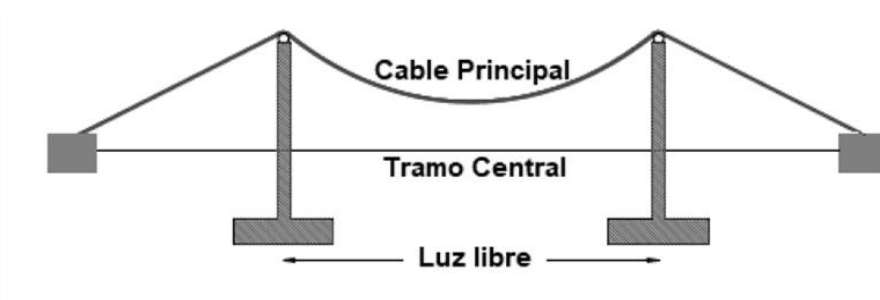


Figura 3. Cable principal.

La forma del cable es una parábola debido al propio peso sumado al peso del tablero.

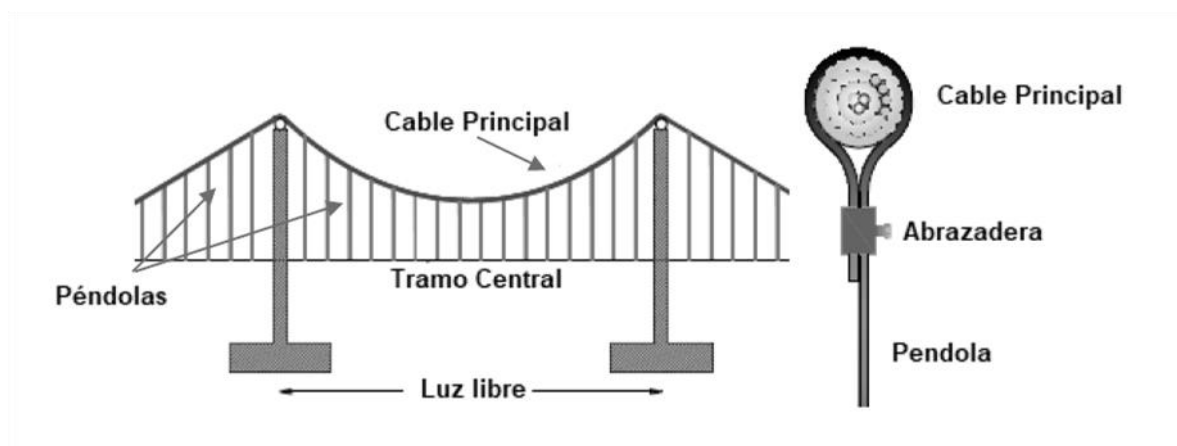


Figura 4. Péndolas.

- **Viga transversal:** su función es distribuir las cargas que actúan sobre el tablero hacia las péndolas, lo cual permite al cable principal tener la forma de parábola. Tal como lo muestra la figura 3.

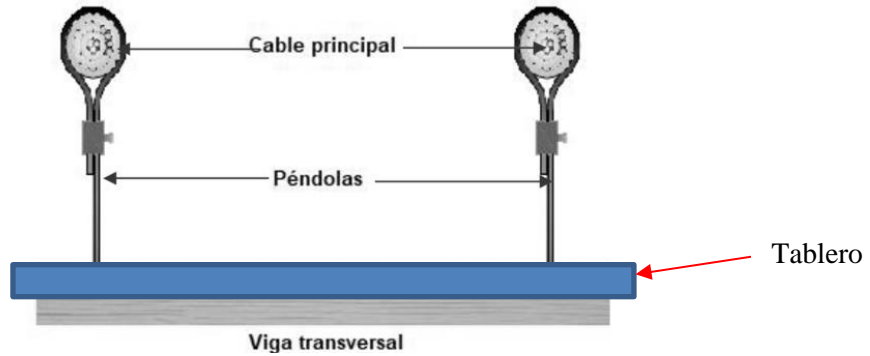


Figura 5. Viga transversal.

- **Torres:** se construyeron de hormigón armado y están ubicadas en el tramo principal del puente. Las torres sirven para el apoyo de los cables principales y para la rigidez de la estructura del puente. Tal como lo muestra la figura 6.

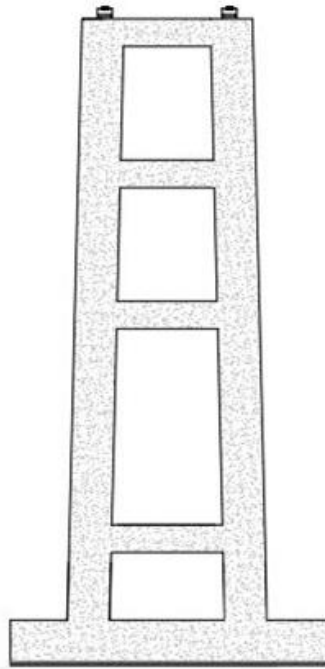


Figura 6: torres del puente.

1.2.2. Según el material

Los puentes según su material pueden ser:

Madera

Los puentes que se construyen con madera son más fáciles, rápidos y económicos pero su principal desventaja es su durabilidad, ya que al estar expuestos a la intemperie pueden deteriorarse más rápido que otros tipos de puentes como los de piedra, concreto o metálicos.

Metálicos

Los puentes construidos de estructura metálica son los más usados debido a que el acero es un elemento que asegura la vida útil de las estructuras, adicionalmente su ensamble es muy rápido y se usa generalmente para puentes colgantes, puentes viga, puentes atirantados, etc.

Hormigón

Los puentes de hormigón armado son una combinación de concreto y acero que resisten los esfuerzos a flexión, tensión y compresión que aplican las cargas a la estructura ya que el hormigón es un material muy útil cuando se trata de esfuerzos, adicionalmente su dureza es muy elevada y se usa como complemento en la construcción de estructuras como puentes.

1.3 Estudios Hidrográficos

Los estudios hidrográficos nos ayudan a verificar la socavación y el caudal de diseño, en el presente proyecto no se realizó el análisis de este estudio, pero si se considera para la construcción del puente. Ver pag.46. [2]

1.3.1. Características de Forma

La forma de la cuenca está relacionada al tiempo de concentración del caudal de las aguas, el cual es el tiempo que le toma a una partícula de agua en recorrer toda la cuenca, desde el lugar más alto hasta la salida del líquido.

1.3.2. Socavación

Se basa en la perforación del suelo que se debe realizar para tener un buen anclaje de las torres y de los pilotes como elementos de anclaje sin tener complicaciones considerando la erosión permanente del líquido que rodera al agujero de socavación. [2] Tal como lo muestra la figura 7.

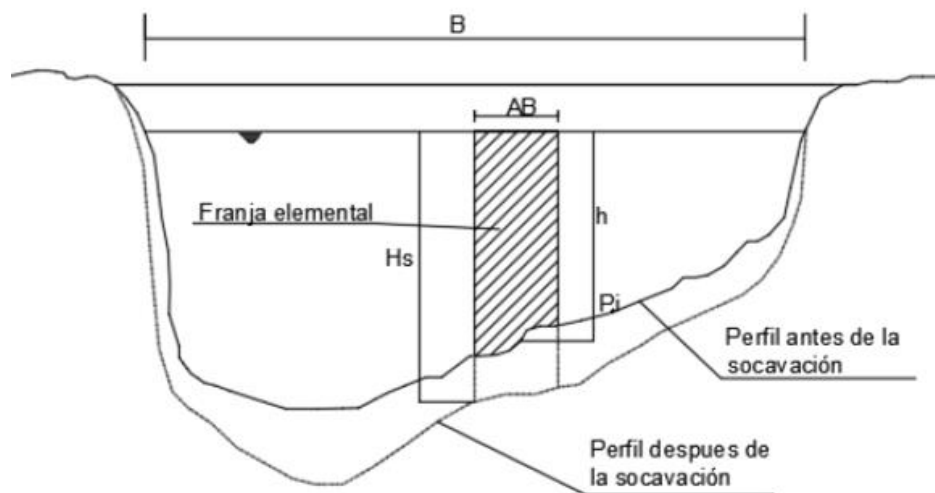


Figura. 7. Sección transversal del cauce

1.4 Estudio de suelos.

Los estudios de suelos son obligatorios en cada proyecto de construcción de puentes de este tipo y cuyo objetivo es saber cuál es el tipo de suelo en el que se va a cimentar.

En este proyecto no se realizará el estudio de suelo como parte del proyecto de construcción. Para lo cual se contratará a una empresa privada que realice el estudio del mismo. [3]

CAPÍTULO II

2.1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El presente documento describe las propuestas de diseño estructural del nuevo puente sobre el Brazo de mar Tambillo. Actualmente no existe puente en esta ubicación limitando el acceso a la población.

El puente propuesto tiene 4.5m de ancho cuya estructura es de acero con una plataforma de madera. La figura 8 muestra la problemática actual.



Figura 8. Cruce de la tubería de agua potable en el sitio propuesto para la implantación del puente.

En la figura 9, se puede apreciar la ubicación del puente entre las localidades de Tambillo y San Lorenzo



Figura. 9. Ubicación del puente propuesto.

Como se puede observar de las figuras 8 y 9, el cruce del brazo de mar es posible únicamente en pequeñas embarcaciones.

A continuación, se propone tres opciones estructurales para solventar el problema y permitir mediante un puente el acceso a la población de Tambillo.

Prediseños

En la figura 10 se presenta el perfil longitudinal del puente para analizar las alternativas estructurales que se pueden usar. Basado en la información de los estudios de topografía, suelos e hidrología, se ha determinado la cota de rasante de la vía y el sitio de implantación de los estribos.

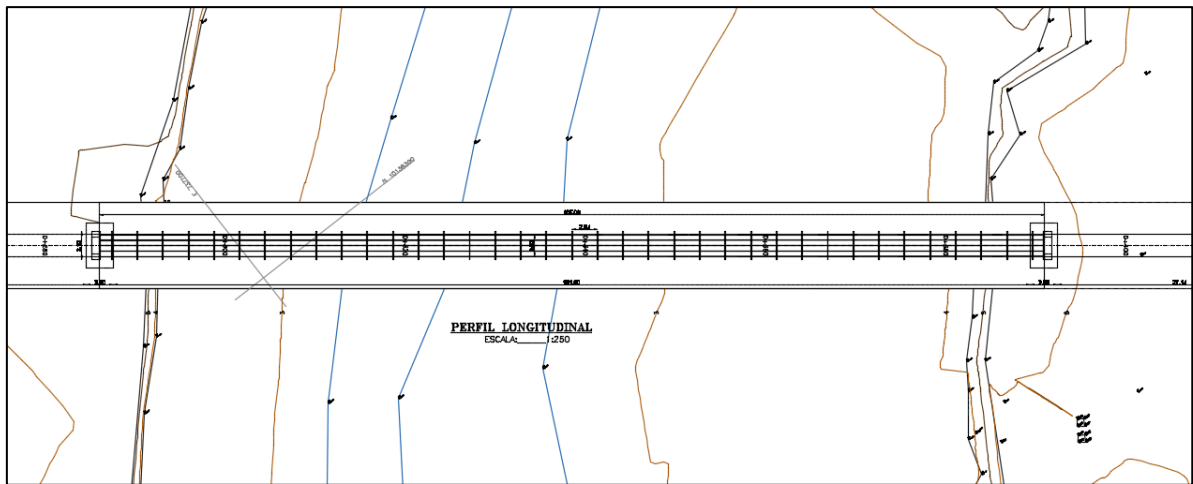


Figura 10. Implantación del puente sobre el Brazo de mar – Tambillo.

Los estribos se encuentran cimentados en la cota 2 m.s.n.m. mientras que el nivel de crecida máximo se ha determinado en la elevación 4.7 m.s.n.m. De acuerdo al estudio hidrológico, el perfil de socavación del cauce no afecta la estabilidad de los estribos. Debido a la mala condición del suelo de cimentación se realizará un mejoramiento de suelo.

ALTERNATIVA 1

Consiste de un puente de arco cuya estructura sería de hormigón armado y acero para formar una sección compuesta.

La figura 11 ilustra la sección típica propuesta:

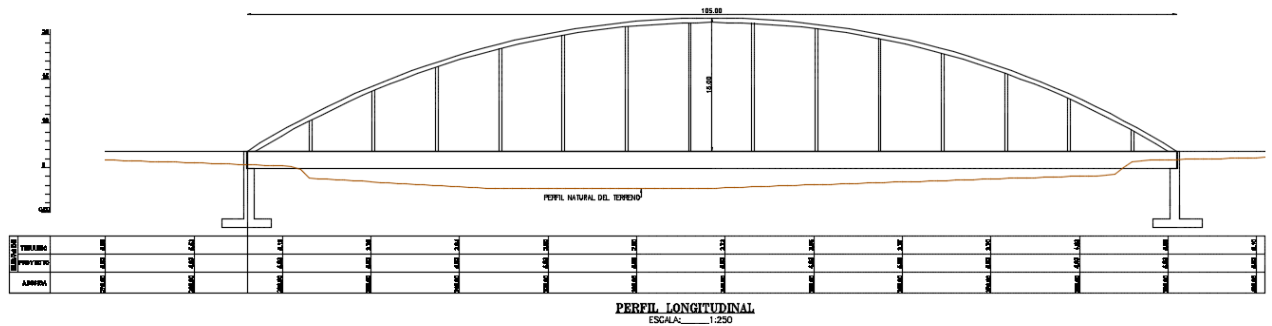


Figura 11. Sección Longitudinal Alternativa 1.

Ventajas

- Esta opción de puente es muy robusta para las cargas que van a soportar, en consecuencia, soporta más peso.
- La losa tiene un espesor de 8 cm usando un sistema de deck para facilitar la construcción.
- Las protecciones están formadas por postes y barandas de acero galvanizadas para evitar la corrosión.

Desventajas

- Dados los materiales de construcción se vuelve un puente muy costoso.
- Tiempo de construcción, el puente es muy largo y la construcción sería demorada.
- El piso del puente al ser de losa se puede corroer más rápido que la madera.
- Su cálculo estructural es más complejo.

ALTERNATIVA 2

Se trata de un puente colgante con dos cables de acero y una plataforma de madera como piso para rodaje. La figura 12 ilustra la sección típica propuesta.

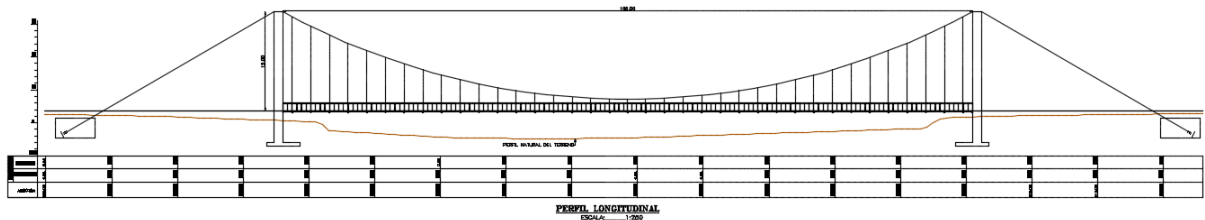


Figura 12. Sección Típica Alternativa 2.

Ventajas

- Es un puente más liviano soportando las cargas necesarias para su operación.
- El costo de construcción es muy apropiado y no elevado.
- El piso es de madera lo que evita la corrosión apresurada por el medio tan agresivo.
- Está compuesto por vigas principales unidas por vigas secundarias y un tablero de madera.
- La altura de la viga ha sido optimizada para reducir costos y lograr una sección más eficiente.

Desventajas

- El costo de mantenimiento del puente es elevado por el remplazo de la madera.
- Se debe utilizar una contra flecha para que las deformaciones soportadas sean admisibles.

ALTERNATIVA 3

Consta de un puente colgante con dos cables de acero y una plataforma de concreto como piso para rodaje. La figura 13 ilustra la sección típica propuesta.

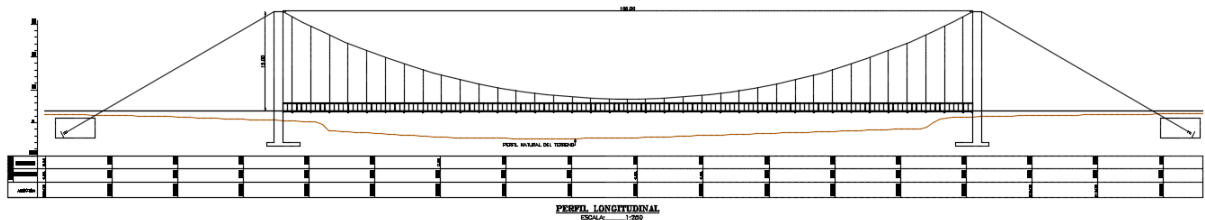


Figura 13. Sección Típica Alternativa 3.

Ventajas

- Esta alternativa está sujeta a obra civil por lo tanto las cargas necesarias para su operación van a depender de la cantidad de concreto que se vaya a ocupar para la losa.
- El piso de concreto evita la corrosión apresurada por el medio tan agresivo.
- Está compuesto por vigas principales unidas por vigas secundarias y un tablero de madera.

Desventajas

- El costo de mantenimiento del puente es elevado por el desgaste que puede sufrir el concreto por el uso.
- Se debe utilizar una contra flecha para que las deformaciones soportadas sean admisibles.
- El uso del concreto hace que la losa soporte cargas muy elevadas.
- El cálculo de volumen por el uso del concreto es muy delicado ya que hace que el movimiento del puente por cargas de viento sea muy inestable.

2.2. Parámetros de selección de alternativas.

Para la selección de alternativas se toma en cuenta la cantidad de material que va a ingresar en las opciones constructivas.

Se calificará de acuerdo a las desventajas que cada alternativa, esto para dar relevancia a los defectos que pueda tener la construcción de cada alternativa. Mientras más desventajas tenga mayor será la complejidad de diseño.

Número de desventajas

En esta columna se va a trabajar con las desventajas de cada alternativa. Que serán relevantes para seleccionar la mejor opción de construcción del puente.

Se califica sobre 4 puntos donde el mayor puntaje será 4 y el menor será 1.

Número de materiales a ocupar.

En esta columna se tiene la cantidad de materiales a ocupar como son el acero y la madera.

Todas las opciones tienen dos materiales a ocupar por lo tanto cada material tendrá un punto.

Montaje

El montaje está catalogado como complejo o fácil, esto mediante el estudio de mano de obra de construcción de otros puentes. Si es complejo tendrá 3 puntos y si es fácil tendrá 1 punto.

Tiempo de construcción.

Es el tiempo que se ocupa para construir el puente con la mayor eficiencia posible.

Donde alto es equivalente a 3 puntos y bajo es equivalente a 1 punto.

En conclusión, se tiene los siguientes resultados mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Selección de alternativas.

ALTERNATIVA	NÚMERO DE DESVENTAJAS	NÚMERO DE MATERIALES A OCUPAR	MONTAJE	TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN	CALIFICACIÓN
1	4	2	3	3	12
2	2	2	2	2	8
3	4	2	3	2	10

Resultados de parámetros de selección.

Por lo tanto, se concluye que la alternativa 2 es la más viable, por tener el puntaje más bajo que es 8 puntos.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SIMULACIONES

3.1. Diseño estructural.

A continuación, se muestra el diseño completo de la estructura metálica del puente.

3.1.1 Cargas por el peso Propio.

Se considerará el peso de la calzada fabricada en madera, de las vigas metálicas longitudinales y transversales.

3.1.2 Peso de la calzada.

Para calcular el peso de la madera se calcula el área, el volumen y la carga superficial.

Ancho de la calzada= 4.5 m

Longitud= 110 m

Área de la calzada = 4.5m * 110 m = 495 m²

Espesor del tablón= 4 cm

Nombre de la madera= Quinilla Colorada

El volumen de la calzada es igual al área por el espesor.

$$V = 495 \text{ m}^2 * 0.04 \text{ m} = 19.8 \text{ m}^3.$$

Peso de la calzada es igual al volumen por la densidad de la madera.

Densidad de la madera = 0.87 gr/cm³ o 870 kg/m³. Según ficha técnica de la quinilla colorada.

$$\text{Peso} = 19.8 \text{ m}^3 * 870 \text{ kg/m}^3 = 17226 \text{ Kg.}$$

Transformando a carga superficial se tiene.

$$Q_1 = 17226 \text{ kg} / 495 \text{ m}^2 = 34.8 \text{ Kg/m}^2. = 35 \text{ Kg/m}^2$$

3.1.3 Peso de las vigas de madera

Dimensiones: 12cm x 6cm

Longitud: 110m

Cantidad: 6

Peso de las vigas= volumen por densidad

Donde la densidad de la madera es de: 870 kg/m³

$$V1 = A * e$$

$$V1 = 0.12 * 0.06 * 110 (m^3)$$

$$V1 = 0.792 m^3$$

$$P1 = V * \delta$$

$$P1 = 0.792 * 870 (Kg)$$

$$P1 = 689.04 Kg$$

3.1.4 Carga Superficial

La carga superficial se calcula dividiendo el peso para el área.

$$Q2 = P1/A$$

$$Q2 = 689.04Kg/495m^2$$

$$Q2 = 1.392Kg/m^2$$

3.1.5. Peso de las vigas metálicas transversales.

Viga: W8X13

L=4.5m

Separación = 2m

Cantidad=55

El peso corresponde a 13lb/pie

Transformando a kg/m se tiene:

$$13\text{lb/pie} * 1 \text{ Kg}/2.2 \text{ Lb} * 3.28\text{pie/m}$$

$$\text{Peso longitudinal} = 19.38\text{Kg/m}$$

Cálculo de la longitud total:

$$L_t = \text{longitud de viga transversal} * \text{cantidad de vigas}$$

$$L_t = 4.5\text{m} * 55$$

$$L_t = 247.5\text{m}$$

Cálculo del peso:

$$P = \text{peso longitudinal} * \text{longitud total}$$

$$P = 19.38\text{kg/m} * 247.5\text{m}$$

$$P = 4796.55 \text{ Kg}$$

Cálculo de la Carga superficial:

$$Q_3 = \text{peso}/\text{área}$$

$$Q_3 = 4796.55\text{Kg}/495\text{m}^2$$

$$Q_3 = 9.69\text{Kg/m}^2$$

3.1.6. Peso de las vigas metálicas longitudinales.

Viga: W18X35

$$L=110\text{m}$$

$$\text{Cantidad}=2$$

El peso corresponde a 35lb/pie

Transformando a kg/m se tiene:

$$35\text{lb/pie} * 1 \text{ Kg}/2.2 \text{ Lb} * 3.28\text{pie/m}$$

$$\text{Peso longitudinal}= 52.18\text{Kg/m}$$

Cálculo de la longitud total:

$$L_t = \text{longitud de viga longitudinal} * \text{cantidad de vigas}$$

$$L_t = 110\text{m} * 2$$

$$L_t = 220\text{m}$$

Cálculo del peso:

$$P = \text{peso longitudinal} * \text{longitud total}$$

$$P = 52.18\text{kg/m} * 220\text{m}$$

$$P = 11479.6 \text{ Kg}$$

Cálculo de la Carga superficial:

$$Q_4 = \text{peso}/\text{área}$$

$$Q_4 = 11479.6\text{Kg}/495\text{m}^2$$

$$Q_4 = 23.19\text{Kg/m}^2$$

3.1.7. Resumen de cargas.

Calzada (Q1): 35 Kg/m²

Vigas de madera (Q2): 1.39 Kg/m²

Vigas metálicas transversales (Q3): 9.69 Kg/m²

Vigas metálicas longitudinales (Q4): 23.19 Kg/m²

Se suma las cuatro cargas para obtener la carga tota de la estructura.

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_t = 35 + 1.39 + 9.69 + 23.19$$

$$Q_t = 69.27 \text{ kg/m}^2$$

Aproximando se obtiene:

$$Q_t = 70 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de la carga total:

QT = carga muerta + carga de servicio

Carga de servicio: 200Kg/m² que se utiliza según normativa de construcción de puentes colgantes. ASSHTO) [4].

$$QT = 70 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ Kg/m}^2$$

$$QT = 270 \text{ Kg/m}^2$$

Adicional se tiene las cargas puntuales que son de 250kg en cuatro puntos.

3.1.8. Diseño de vigas metálicas transversales.

Considerando la carga total de 277Kg/m² y la distancia entre cargas de 2m, resulta:

$$Q_5 = 270 \text{ Kg/m}^2 * 2 \text{ m}$$

$$Q_5 = 540 \text{ kg/m}$$

$$Q_5 = 5.4 \text{ Kg/cm}$$

Aproximando:

$$Q_5 = 6 \text{ Kg/cm}$$

Para el momento de flexión total que actúa sobre las vigas metálicas de soporte del tablero, considerando el efecto del peso del vehículo 250 kg en cuatro puntos y el peso de la calzada de 6 Kg/cm se tiene las reacciones que muestran en la figura 14.

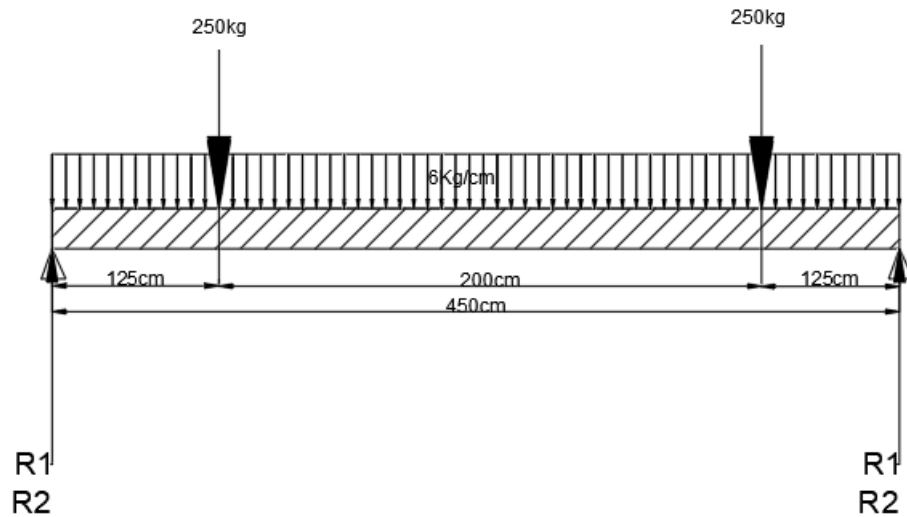


Figura 14. Esquema de fuerzas en viga secundaria.

$$M1 = \frac{WL^2}{8}$$

$$M1 = \frac{6(450)^2}{8}$$

$$M1 = 151.875 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

Momento deflector 1.

$$M2 = P \cdot L$$

$$M2 = 250 \text{ kg} \cdot 125 \text{ cm}$$

$$M2 = 31250 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

Momento deflector 2

$$ft = 0,6 \cdot Fy$$

$$ft = 0,6 \cdot 36 \text{ klb/pulg}^2$$

$$ft = 21.6 \text{ klb/pulg}^2$$

$$ft = 1522.19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Mx \text{ total: } M1 + M2 = 151\,875 + 31\,250 = 183\,125 \text{ Kg-cm}$$

$$Sx = \frac{Mx}{Fb}$$
$$Sx = \frac{183\,125 \text{ kg} * \text{cm}}{1522.19 \text{ kg/cm}^2}$$

$$Sx = 120.30 \text{ cm}^3$$

$$Sx = 7.34 \text{ pulg}^3$$

Sección transversal de W8 X 13 $Sx = 9.91 \text{ pulg}^3 \rightarrow = \text{Ok}$

Ver anexo 1.

3.1.9. Diseño de vigas Principales longitudinales.

El análisis se realiza de acuerdo a la separación de vehículos cada 10 m.

Se toma en cuenta el peso del vehículo a analizar de 1000Kg.

Se divide la longitud del puente para la separación entre vehículos y se obtiene la cantidad de vehículos que pueden ingresar en el puente.

Cantidad de vehículos sobre el puente = $110\text{m}/10\text{m}$

Cantidad de vehículos sobre el puente = 11

Cálculo del peso longitudinal:

Peso longitudinal = cantidad de vehículos * el peso del vehículo.

$$\text{Peso longitudinal} = 11 * 1000\text{Kg}$$

$$\text{Peso longitudinal} = 11000\text{Kg.}$$

Cálculo del peso de la viga longitudinal:

$$\text{Peso en cada viga longitudinal} = \frac{11000\text{Kg}}{2}$$

$$\text{Peso en cada viga longitudinal} = 5500 \text{ Kg}$$

$$\text{Carga Lineal en cada viga} = \frac{5500\text{Kg}}{110\text{m}}$$

$$\text{Carga Lineal en cada viga} = 50\text{kg/m}$$

$$\text{Transformando a kg/cm} = 0.5\text{Kg/cm.}$$

3.2. Cálculo de reacciones en las vigas transversales

$R1 = \text{peso por unidad de longitud} * \text{longitud de la viga transversal}$

$$R1 = 6\text{Kg/cm} * 450\text{cm}$$

$$R1 = 2700\text{kg}$$

Considerando que son dos reacciones iguales, entonces:

(Ver figura 14)

$$R1 = \frac{2700\text{Kg}}{2}$$

$$R1 = 1350\text{kg.}$$

Por lo tanto, la reacción 2 (R2) será igual a:

(Ver figura 14)

$$R2 = 250\text{kg.}$$

La sumatoria de reacciones es igual a la reacción total, por lo tanto:

$$RT = R1 + R2$$

$$RT = 1350\text{Kg} + 250\text{Kg}$$

$$RT = 1600\text{Kg}$$

El momento de flexión total que actúa sobre las vigas metálicas transversales, considerando la carga lineal previamente calculada de 0.5Kg/cm y el espaciamiento entre vigas transversales es:

$$M1 = \frac{WL^2}{8}$$

$$M1 = \frac{\frac{0.5\text{ Kg}}{\text{cm}} * (200\text{cm})^2}{8}$$

$$M1 = 2500\text{ Kg} * \text{cm}$$

$$M2 = \frac{PL}{4}$$

$$M2 = \frac{1600\text{Kg} * 200 \text{ cm}}{4}$$

$$M2 = 80000 \text{ Kg} * \text{cm}$$

$$MT = M1 + M2$$

$$MT = 2500 \text{ Kg.cm} + 80000 \text{ Kg.cm}$$

$$MT = 82500 \text{ Kg.cm}$$

Se calcula la deflexión admisible para el acero A36 de la siguiente manera:

$$Fb = 0,6 * Fy$$

$$Fb = 0,6 * 36\text{klb/pulg}^2$$

$$Fb = 21.6 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2}$$

$$Fb = 1522.19 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se tiene la ecuación para cálculo de deflexión y se calcula la sección transversal S_x .

$$Fb = \frac{Mx}{Sx}$$

Se despeja S_x

$$Sx = \frac{Mx}{Fb}$$

$$Sx = \frac{82500 \text{ kg/cm}}{1522.19 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$Sx = 54.19 \text{ cm}^3$$

Para el perfil seleccionado se considera la tabla del manual de la AISC. Ver anexo 1

Resultado de perfil: W18x35

Donde:

$$Sx = 57.6 \text{ pulg}^3$$

Transformando a cm^3 se obtiene:

$$Sx = 943 \text{ cm}^3$$

$$943 \text{ cm}^3 > 54.19 \text{ cm}^3$$

Debido a los resultados de la simulación en los cuales se obtiene una deflexión de 1m se calcula la deflexión máxima permisible de la siguiente manera:

$$\Delta=L/400$$

$$\Delta=110/400$$

$$\Delta=0.27m$$

Al tener una deflexión permisible de 27 cm se escoge el perfil W18x35. Ver anexo 1.

3.2.1. Cable principal

Carga a tensión del programa SAP2000. Este resultado se aprecia en la figura 27

$$P=112226 \text{ Kg}$$

Para el cable se considera el acero A-50, $F_y=50$

$$f_t = 0,6 * F_y$$

$$f_t = 0,6 * 50 \text{klb/pulg}^2$$

$$f_t = 30 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2}$$

Transformando a unidades métricas:

$$f_t = 2113.6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$F_t=f_t$$

$$\frac{P}{A} = F_t$$

$$A = \frac{P}{F_t}$$

$$A = \frac{112226}{2113.6}$$

$$A = 53.09 \text{cm}^2$$

Para calcular el diámetro del cable se despeja el área de la fórmula de un círculo.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * 53.09 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$d = 8.22 \text{ cm}$$

Aproximando $d = 83\text{mm}$

3.3. Cámara de anclaje

Se construye una cámara de anclaje para los dos cables principales en cada lado del puente.

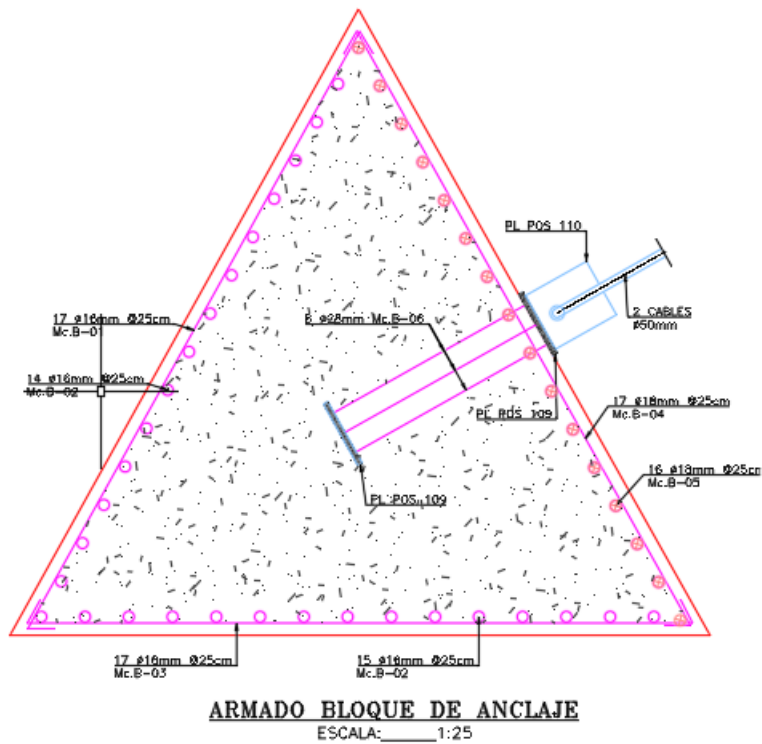


Figura 15. Cámara de anclaje.

La cámara de anclaje se construye en hormigón armado con los detalles de obra civil mostrados en la Figura 15. Adicional se anexa en los planos (anexo 3) para su respectiva utilización. [6]

3.4. Madera como elemento de diseño

Para del puente se utilizará quinilla colorada, pero para poder ser usada como elemento estructural tal como lo muestra la figura 16.

En el anexo 2 de los tipos de maderas se tiene ese tipo de madera para su análisis posterior por si así se lo requiere. [7]

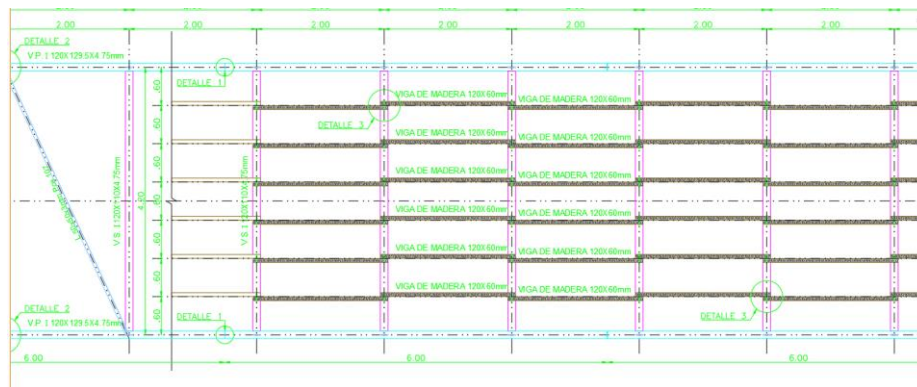


Figura 16. Armado de estructura para el piso del puente.

Revisar anexo 3 planos de armado de piso.

3.5. Simulación en SAP2000

Para el diseño de la estructura se dibuja con las medidas dadas los siguientes elementos: el tablero, las vigas longitudinales y vigas transversales en el programa SAP 2000, no se toma en cuenta los elementos civiles como columnas y cimentaciones.

Sin embargo, se las dibuja con los materiales que se debe usar para el presente diseño, como se muestra en la figura 17.

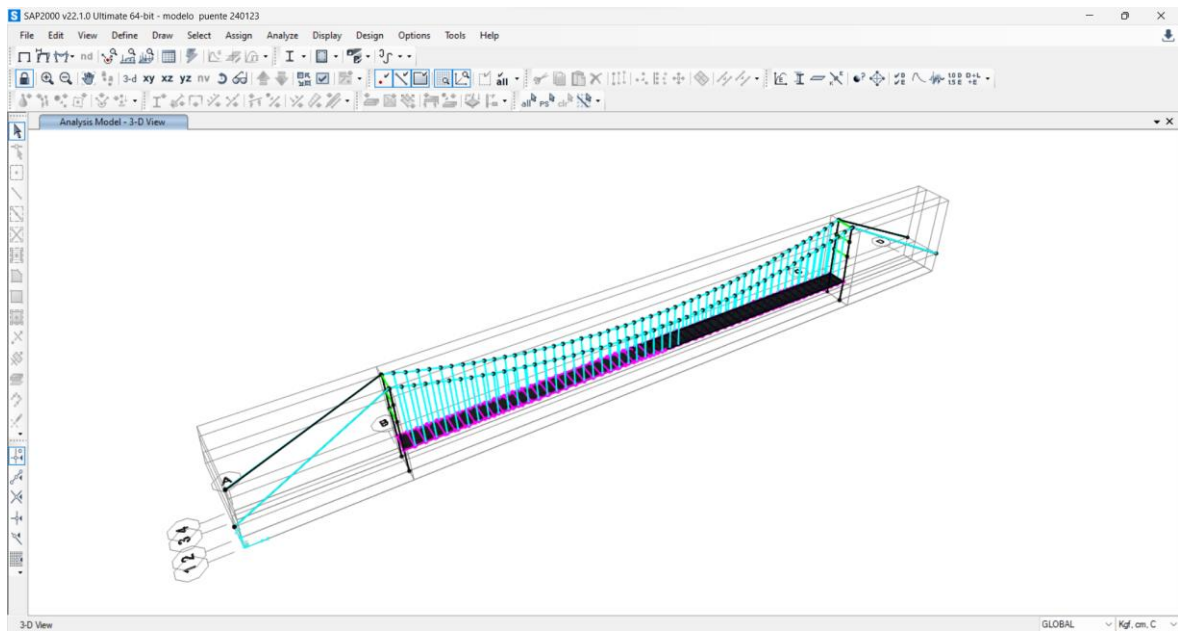


Figura 17. Simulación en SAP2000

Se asigna los perfiles de los materiales a ocupar y se genera el dibujo de los elementos a analizar.

Creación del perfil a utilizar W8x13. Tal como se muestra en la figura 18.

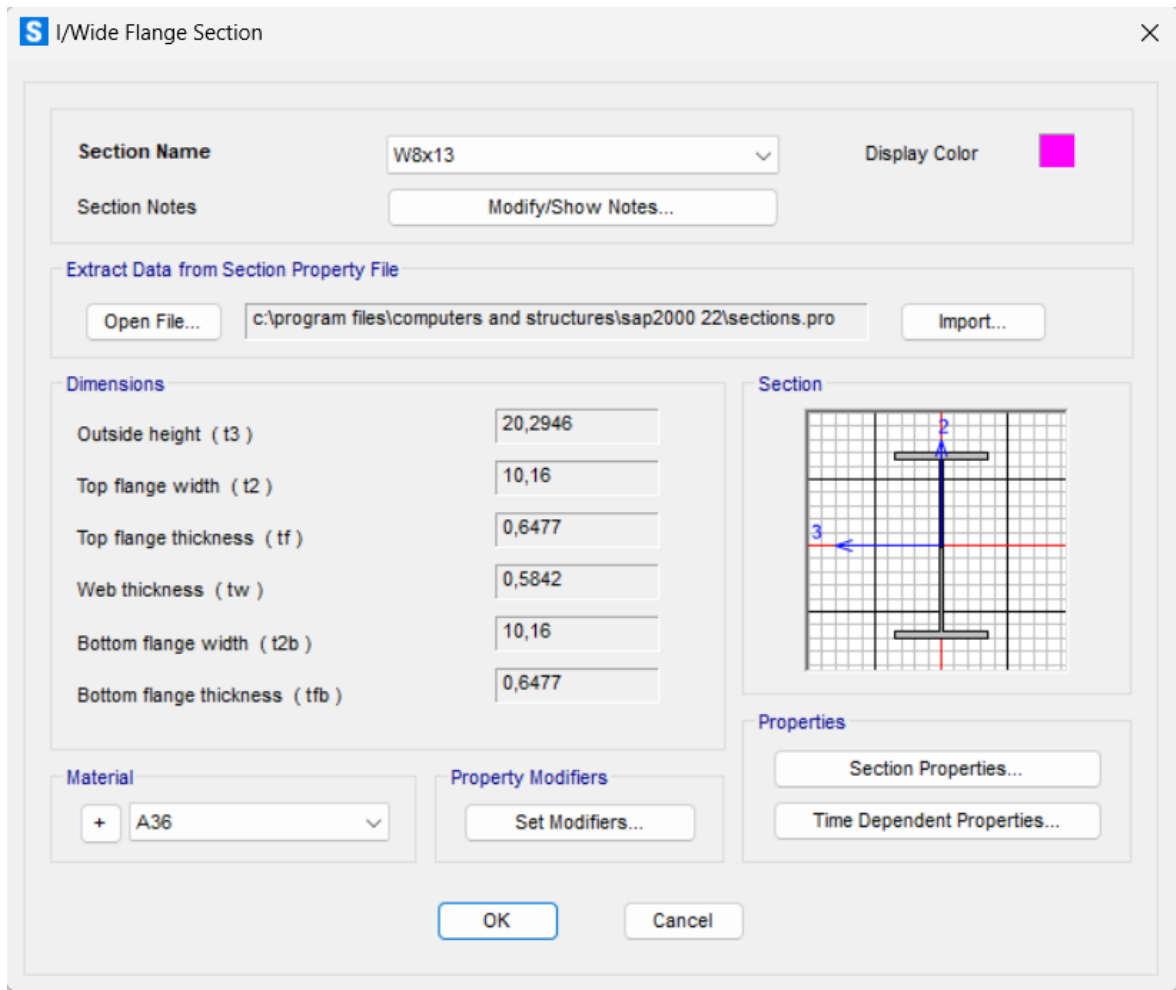


Figura 18. Perfil W8x13

Creación del perfil W18x35. Tal como lo muestra la figura 19.

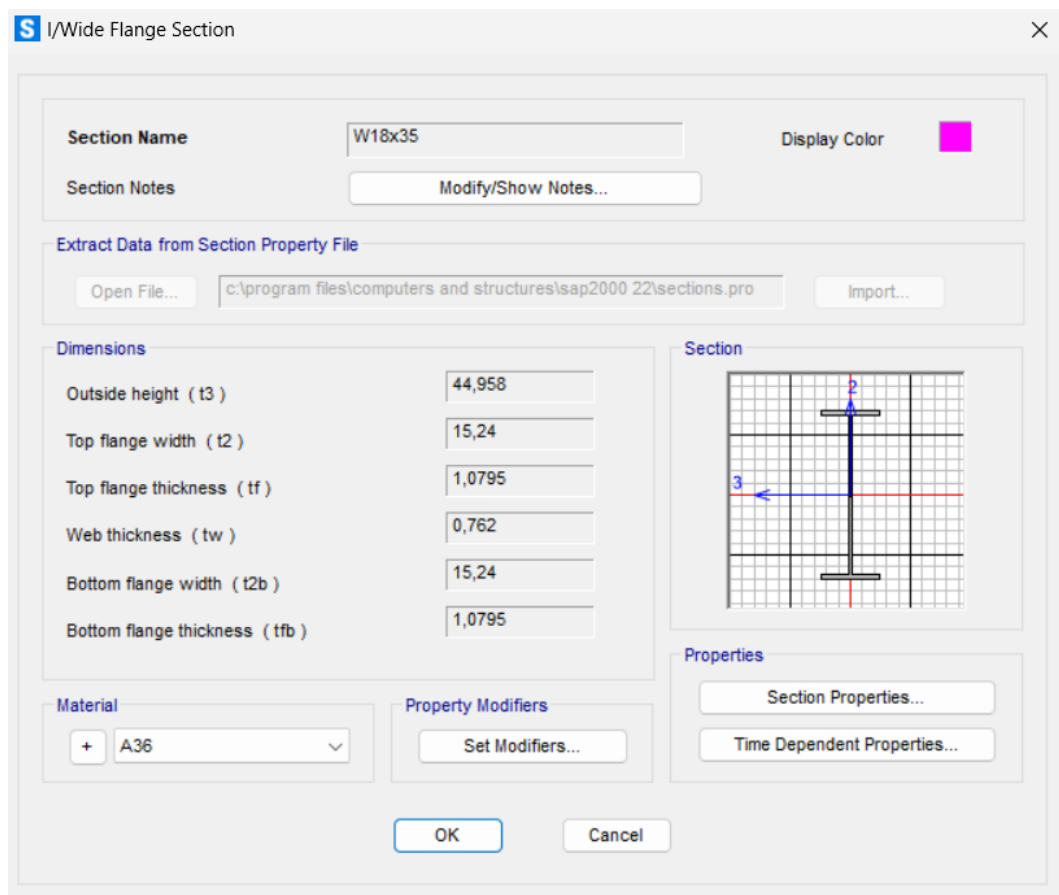


Figura 19. Perfil W18x35.

Creación del cable diámetro 83mm. Tal como lo muestra la figura 20

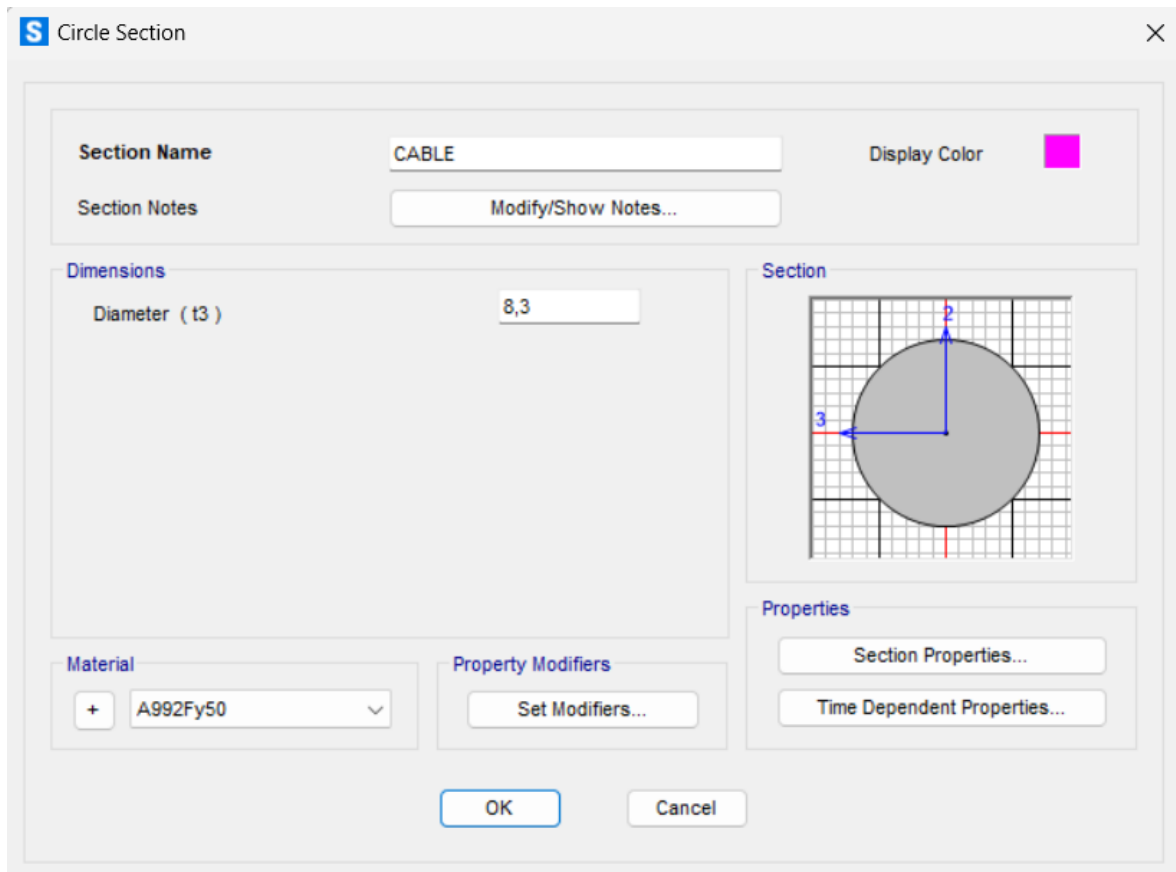


Figura 20. Cable a ocupar diámetro 8.3cm.

Creación del cable tensor de 6mm. Tal como lo muestra la figura 21.

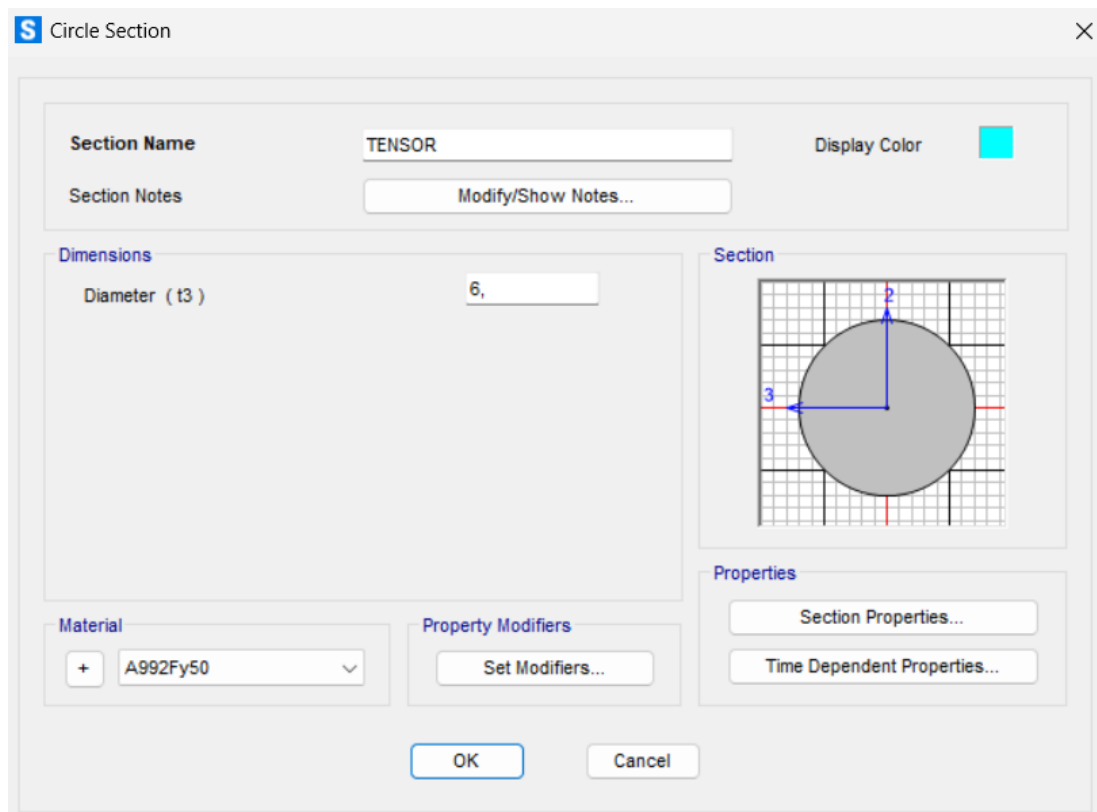


Figura 21. Tensor a ocupar diámetro 6cm.

Dibujo de la estructura del puente colgante para su posterior simulación. Tal como lo muestra la figura 22.

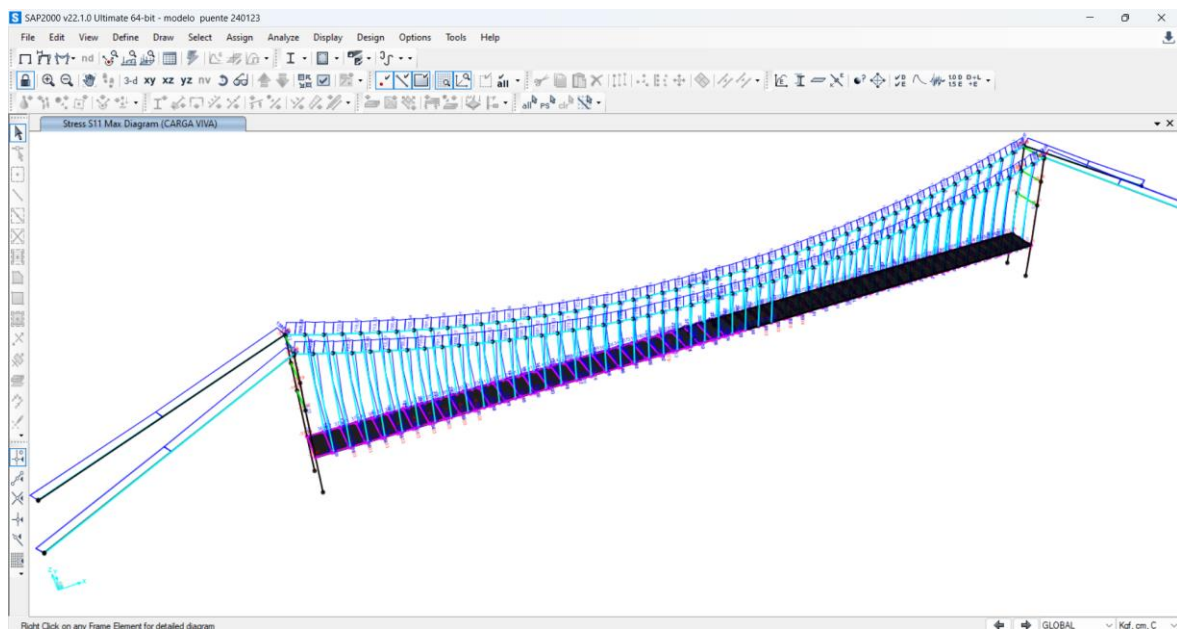


Figura 22. Dibujo en sap2000 de la estructura del puente.

Una vez dibujado el modelo del puente colgante se ingresa los datos calculados.

- Cargas superficiales. Ver resumen de cargas página 24

Se genera un reporte del programa y obtenemos los siguientes resultados. Tal como lo muestra la figura 23.

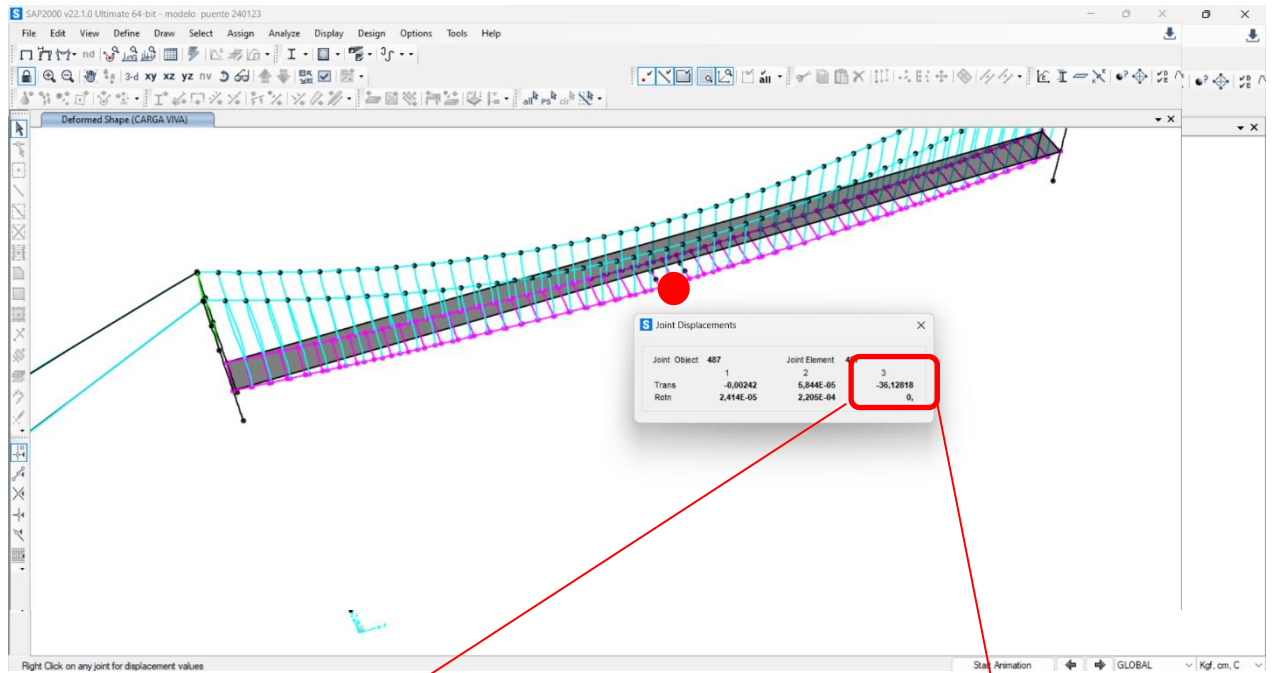


Figura N°28. deflexión en el punto 3. Recuadro rojo 36cm.

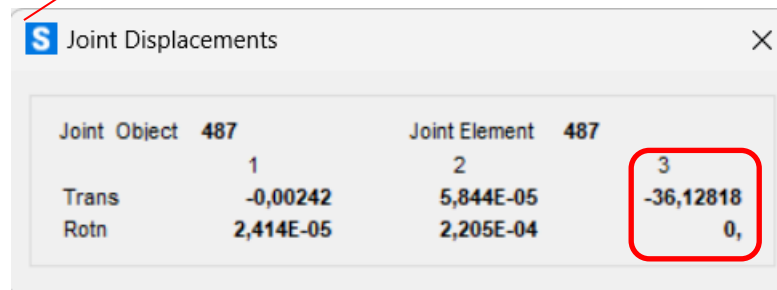


Figura 23. Deflexión calculada en SAP2000.

Resumen de diagramas de esfuerzos en el cable. Tal como lo muestra la figura 24.

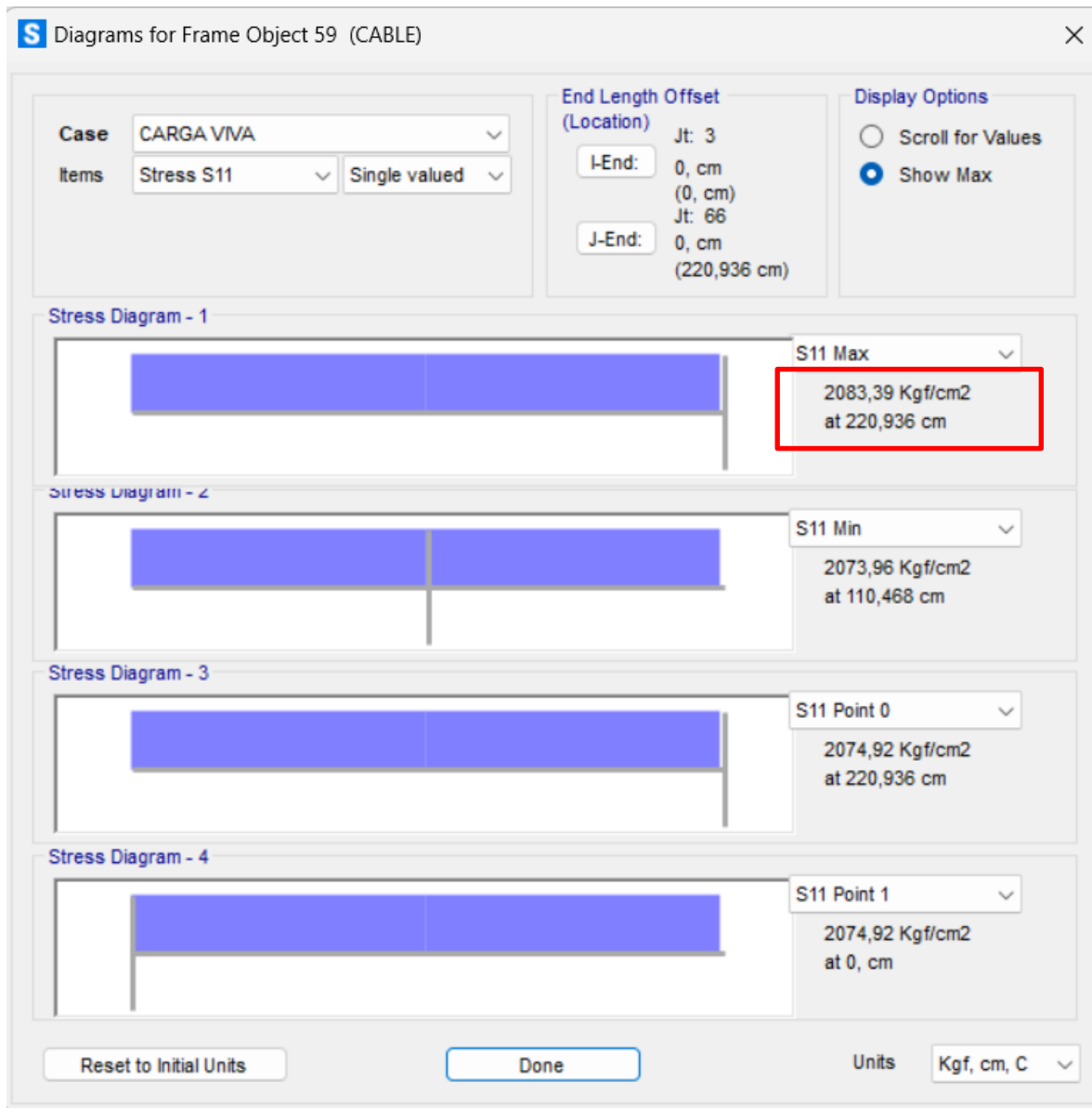


Figura 24. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos, en el cable.

Resumen de diagramas de esfuerzos en viga principal. Tal como lo muestra la figura 25

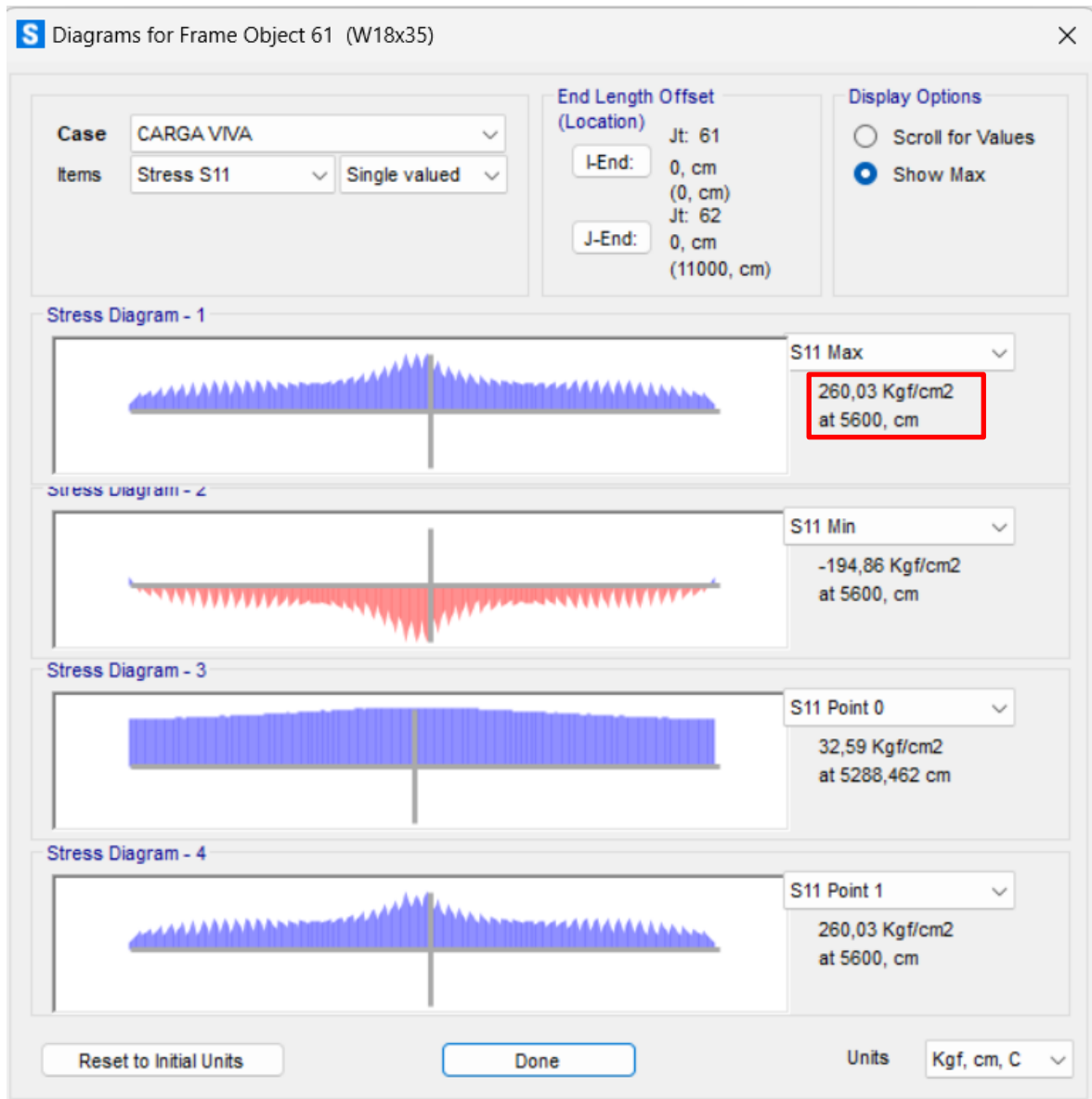


Figura 25. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos de viga principal.

Resumen de esfuerzos de viga Transversal. Tal como lo muestra la figura 26

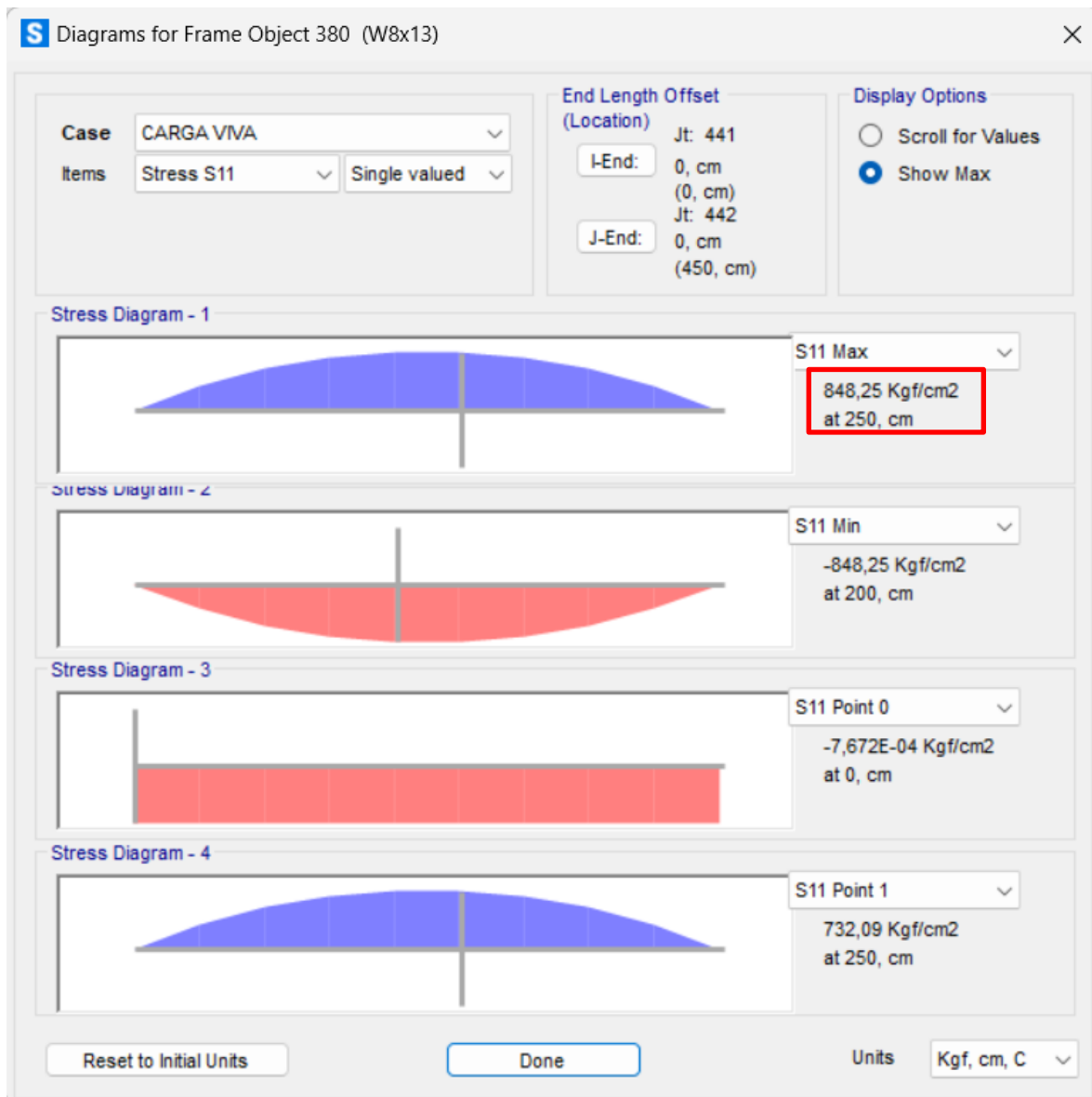


Figura 26. Diagrama de SAP2000 resumen de esfuerzos de viga Transversal.

Resumen de fuerzas en cable para cálculo de diámetro a utilizar. Tal como lo muestra la figura 27

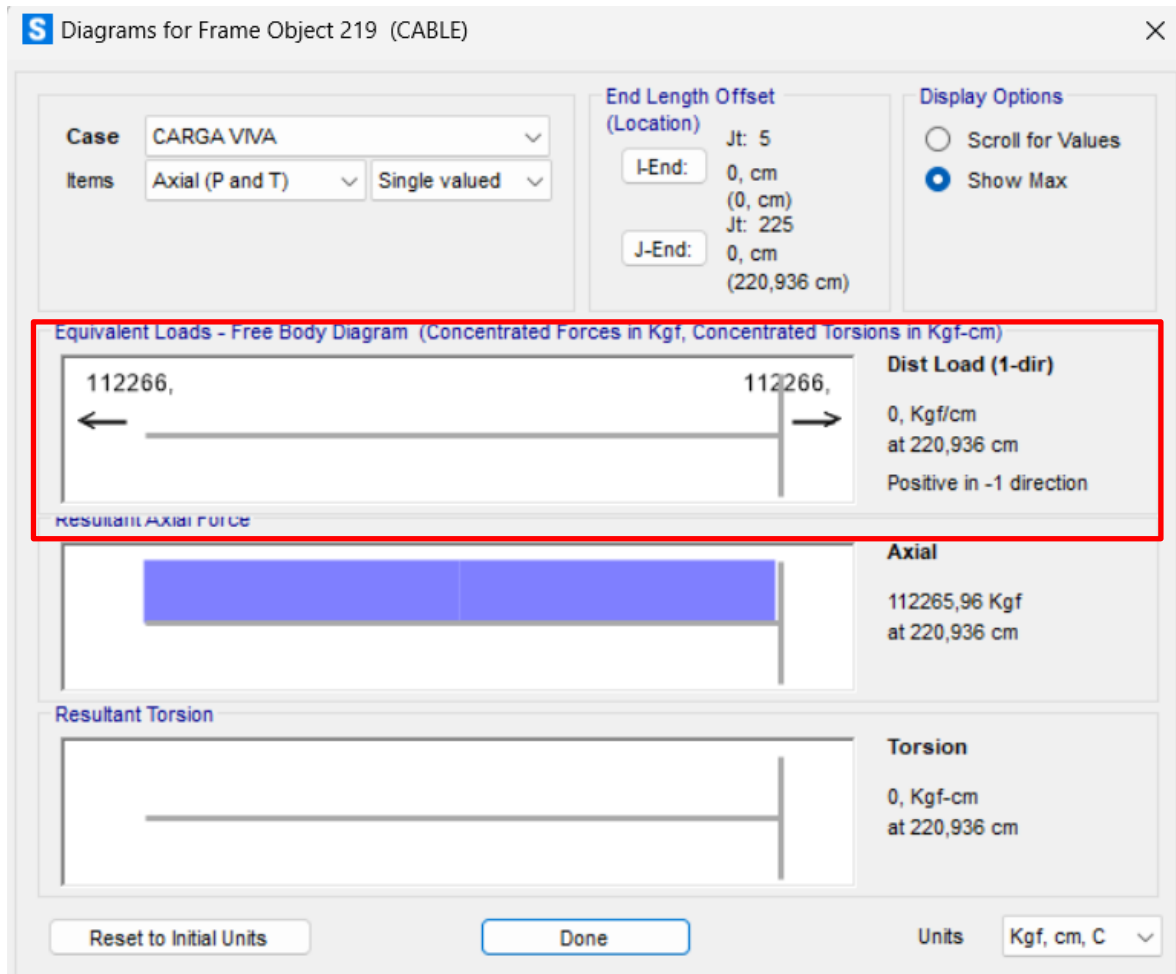


Figura 27. Diagrama de SAP2000 resumen de fuerzas en cable para cálculo de diámetro a utilizar.

CAPÍTULO IV

COSTOS GENERALES

4.1 COSTOS

En este capítulo se determinará los costos que implica la construcción de puente

4.1.1. Costos de Materiales

La tabla 2 muestra el costo de los materiales.

Tabla 2. Costos de materiales.

MATERIAL	PESO UNITARIO	VALOR TOTAL	UNIDA DES	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
ACERO A36	22,40	16474,50	Kg	1,50	24711,75
CABLE DE 9 CM	50,00	72253,81	Kg	3,50	252888,36
CABLE DE 6 CM	22,70	32803,23	Kg	2,00	65606,46
VIGAS DE MADERA DE 6CM DE ESPESOR		3757,00	Kg	1,00	3757,00
TABLONES DE 4CM DE ESPESOR		84,00	Kg	0,80	67,20
PERNOS DE ANCLAJE		500,00	unid	0,30	150,00
ARANDELAS DE PRESION		500,00	unid	0,05	25,00
ARANDELAS PLANAS		500,00	unid	0,05	25,00
SOLDADURA		66,66	Kg	15,00	999,90
PINTURA		120,00	unid	136,00	16320,00
CLAVOS		1000,00	unid	2,00	2000,00
				TOTAL	366550,67

Costos de fabricación otra tabla

4.1.2 Costos de fabricación.

Para el diseño del puente se han tomado en cuenta las diferentes sistematizaciones para una construcción, a continuación, se detalla las operaciones que se debe realizar previo el montaje del puente en campo.

La tabla 3 muestra los costos de fabricación que se va a utilizar.

Tabla 3. Costos de fabricación.

DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNIDAD	COSTO TOTAL
CORTE DE PERFILES	22,00	\$ 2,50	\$ 55,00
CORTE DE PLACAS	44,00	\$ 0,20	\$ 8,80
PERFORADO EN PLACAS	176,00	\$ 0,05	\$ 8,80
CORTE DE MADERA	264,00	\$ 0,20	\$ 52,80
AGUJEROS EN MADERA	22,00	\$ 0,05	\$ 1,10
SUJECIONES	44,00	\$ 0,20	\$ 8,80
ESMERILADO	100,00	\$ 0,20	\$ 20,00
TOTAL			\$ 155,30

4.1.2 Costos de montaje en Obra.

Los costos de montaje en Obra están considerados por: mano de obra, alquiler de grúa para el montaje y transporte materiales. Ver tabla 4.

Tabla 4. Costos de montaje en obra.

DETALLE	CANTIDAD (UNIDADES)	UNIDADES	COSTO UNITARIO USD	COSTO TOTALUSD
GRUA PARA MONTAJE	1	unid	1500	1500,00
TRANSPORTE DE ESTRUCTURA	1	unid	1500	1500,00
MANO DE OBRA	35	días	150	5250,00
TOTAL				8250,00

4.1.3 Otros costos.

Adicional a esto también se considera el costo del estudio de suelos y el estudio hidráulico, Ver Tabla 5.

Estos estudios se realizan en la empresa Geoplades, ubicada en la av. Amazonas y naciones unidad Quito Ecuador

Tabla 5. Otros costos indirectos.

DETALLE	CANTIDAD (UNIDADES)	COSTO UNITARIO USD
ESTUDIO DE SUELOS	1	1500,00
ESTUDIOS HIDRAULICOS	1	1500,00
	TOTAL	3000,00

4.1.4. COSTOS TOTALES

Los costos totales se calculan sumando todos los costos que se considera en la fabricación del proyecto. Ver tabla 6.

Tabla 6. Costos Totales.

DETALLE	COSTO USD
COSTOS DE MATERIALES	349230,77
COSTOS DE MONTAJE	8250,00
OTROS COSTOS	3000,00
COSTOS DE FABRICACIÓN	155.30
TOTAL	360636.07

CONCLUSIONES GENERALES

- Una vez analizada la topografía y niveles de crecida del río se ha diseñado un puente colgante de acero con piso de madera de 110m de luz, implantado sobre las márgenes del cauce del brazo de mar, de tal manera que se evite cualquier tipo de socavación de la cimentación.
- En el diseño, se utilizó un perfil W18X35 para la viga principal y un perfil W8X13 para la viga transversal, de 12 metros de longitud. Las mismas que conforman la estructura de la calzada donde se apoyaran las vigas y tablonés de madera.
- Las obras civiles y cimentaciones, así como los elementos de madera no forman parte del alcance de este proyecto, solo se consideró para el diseño la estructura metálica. Sin embargo, el peso de la madera si se tomó en cuenta en el análisis de cargas.
- Para la configuración del puente colgante, se utilizó cables principales de diámetro 8.3 cm y para tensores cables de 6 cm los mismos que serán suministros bajo pedido generándose un esfuerzo máximo en el cable principal de 2083.39Kg/cm² que es menor al admisible de 2112.6 Kg/cm².
- Para las vigas longitudinales donde se apoyan las vigas transversales que soportan la calzada se han definido perfiles W18x35 y para las para las vigas transversales se han definido perfiles W8x13, donde se tienen esfuerzos de 260 Kg/cm² y 848 Kg/cm² respectivamente que es menor al esfuerzo admisible de 1521 Kg/cm².
- La deflexión máxima calculada en SAP2000 es de 36.1cm a este valor se debe considerar la contra flecha de 10 cm para tener una deflexión real de 26.1 cm que es menor a la deflexión admisible de 27cm, debido a este resultado no se puede optimizar más el perfil longitudinal, porque sobrepasaría la deflexión admisible.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda en el montaje dejar una contra flecha de 10 cm en la estructura en el centro del claro para compensar la deflexión y están dentro de los requerimientos de diseño para no sobredimensionar los perfiles lo que incrementaría los costos.
- En el montaje del puente colgante es necesario que se tenga precaución al momento de juntar las vigas principales ya que es una estructura de una longitud considerable.
- Para el montaje se recomienda contar con los servicios de una grúa para facilitar al armado de la estructura.
- Para el mantenimiento del piso de madera se debería hacer una limpieza mensual profunda evitando que se acumule los desperdicios orgánicos tales como algas, moho, etc.
- Se debe curar la madera con lejía cada mes para mejor protección de la misma.
- Se recomienda colocar barandas de seguridad de Acero galvanizado de 2 pulgadas a lo largo de la calzada para evitar accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

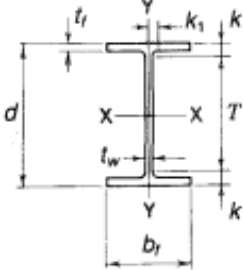
- [1] L. V. Rueda, Proyecto y Construcción de Puentes Metálicos y Mixtos., Madrid: Publicaciones APTA, 2009.
- [2] J. Aguirre PE, Hidráulica de Canales, Merida: CIDIAT, 1974.
- [3] J. B. -. R. Rodríguez, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Mexico: Noriega Editores, 2016.
- [4] M. I. A. R. Serquén, Puentes con AASHTO-LRFD, Peru: Prometeo Desencadenado, 2014.
- [5] AISC, Manual de la Construcción, Chicago: Ninth Edition, 1987.
- [6] C. H. Mingo, Estructuras de Acero en Edificación, Madrid: AMV Ediciones, 2008.
- [7] PROMPEX-WWF-USAID-INIA-ITT, Quinilla Colorada, Lima: Proyecto “Promoción de Nuevas Especies, 2022.
- [8] J. C. M. -. S. F. Csernak, Diseño de Estructuras de Acero, Mexico: Alfaomega Group, 2013.
- [9] J. & C. Benito, Principios Básicos de Estructuras Metálicas, Mexico: Vision libros, 2012.
- [10] R. A. Alvarez, Estructuras de Acero. Cálculo, Madrid: Bellisco. Ediciones Técnicas y científicas, 2005.
- [11] C. Blasant, Cables de Acero, Quito: CBF ITE, 2020.

ANEXOS

- Anexo 1: hojas técnicas del AISC
- Anexo 2: catálogos Perfiles, Madera y cables.
- Anexo 3: planos Generales despiece y detalles. (ver carpeta de Planos en archivo adjunto: [..\PLANOS](#))

ANEXO 1. PROPIEDADES DE LOS PERFILES.

1 - 22



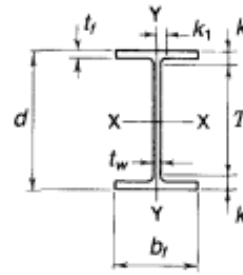
**W SHAPES
Dimensions**

Designation	Area A	Depth d		Web			Flange			Distance			
				Thickness t _w		Width b _f	Thickness t _f		T	k	k ₁		
				In.	In.		In.	In.				In.	In.
W 18×311 ^a	91.5	22.32	22%	1.520	1½	¾	12.005	12	2.740	2¾	15½	3⅞	1¾
×283 ^a	83.2	21.85	21%	1.400	1¾	1⅞	11.890	11½	2.500	2½	15½	3⅞	1¾
×258 ^a	75.9	21.46	21½	1.280	1¼	¾	11.770	11¾	2.300	2⅞	15½	3	1½
×234 ^a	68.8	21.06	21	1.160	1⅜	¾	11.650	11¾	2.110	2½	15½	2¾	1
×211 ^a	62.1	20.67	20%	1.060	1⅞	¾	11.555	11½	1.910	1⅞	15½	2⅞	1
×192	56.4	20.35	20%	0.960	1	½	11.455	11½	1.750	1¾	15½	2⅞	1⅞
×175	51.3	20.04	20	0.890	¾	7/16	11.375	11¾	1.590	1⅞	15½	2¼	¾
×158	46.3	19.72	19¾	0.810	1⅞	7/16	11.300	11¼	1.440	1⅞	15½	2½	¾
×143	42.1	19.49	19½	0.730	¾	¾	11.220	11¼	1.320	1⅞	15½	2	1⅞
×130	38.2	19.25	19¼	0.670	1⅞	¾	11.160	11¼	1.200	1⅞	15½	1¾	1⅞
W 18×119	35.1	18.97	19	0.655	¾	¾	11.265	11¼	1.060	1⅞	15½	1¾	1⅞
×106	31.1	18.73	18¾	0.590	¾	¾	11.200	11¼	0.940	1⅞	15½	1¾	1⅞
× 97	28.5	18.59	18%	0.535	¾	¾	11.145	11¾	0.870	¾	15½	1⅞	¾
× 86	25.3	18.39	18%	0.480	½	¼	11.090	11¾	0.770	¾	15½	1⅞	¾
× 76	22.3	18.21	18¼	0.425	7/16	¼	11.035	11	0.680	1⅞	15½	1¾	1⅞
W 18× 71	20.8	18.47	18½	0.495	½	¼	7.635	7¾	0.810	1⅞	15½	1½	¾
× 65	19.1	18.35	18%	0.450	7/16	¼	7.590	7¾	0.750	¾	15½	1⅞	¾
× 60	17.6	18.24	18¼	0.415	7/16	¼	7.555	7½	0.695	1⅞	15½	1¾	1⅞
× 55	16.2	18.11	18½	0.390	¾	¾	7.530	7½	0.630	¾	15½	1⅞	1⅞
× 50	14.7	17.99	18	0.355	¾	¾	7.495	7½	0.570	¾	15½	1¼	1⅞
W 18× 46	13.5	18.06	18	0.360	¾	¾	6.060	6	0.605	¾	15½	1¼	1⅞
× 40	11.8	17.90	17%	0.315	¾	¾	6.015	6	0.525	½	15½	1¾	1⅞
× 35	10.3	17.70	17%	0.300	¾	¾	6.000	6	0.425	7/16	15½	1½	¾
W 16×100	29.4	16.97	17	0.585	¾	¾	10.425	10¾	0.985	1	13¾	1⅞	1⅞
× 89	26.2	16.75	16¾	0.525	½	¼	10.365	10¾	0.875	¾	13¾	1⅞	¾
× 77	22.6	16.52	16½	0.455	7/16	¼	10.295	10¼	0.760	¾	13¾	1⅞	¾
× 67	19.7	16.33	16%	0.395	¾	¾	10.235	10¼	0.665	1⅞	13¾	1¾	1⅞
W 16× 57	16.8	16.43	16%	0.430	7/16	¼	7.120	7¾	0.715	1⅞	13¾	1¾	¾
× 50	14.7	16.26	16¼	0.380	¾	¾	7.070	7¾	0.630	¾	13¾	1⅞	1⅞
× 45	13.3	16.13	16%	0.345	¾	¾	7.035	7	0.565	¾	13¾	1¼	1⅞
× 40	11.8	16.01	16	0.305	¾	¾	6.995	7	0.505	½	13¾	1⅞	1⅞
× 36	10.6	15.86	15½	0.295	¾	¾	6.985	7	0.430	7/16	13¾	1¼	¾

*For application refer to Notes in Table 2.

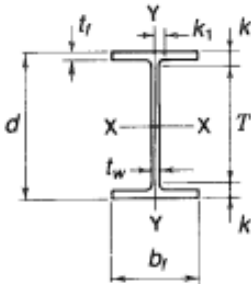
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

W SHAPES Properties



Nom- inal Wt. per Ft	Compact Section Criteria				r_f	$\frac{d}{A_y}$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
	$\frac{b_f}{2t_f}$	F_y'	$\frac{d}{t_w}$	F_y''			Axis X-X			Axis Y-Y			Z_x	Z_y
							I	S	r	I	S	r		
	Lb.	Ksi	Ksi	In.			In. ⁴	In. ³	In.	In. ⁴	In. ³	In.	In. ³	In. ³
311	2.2	—	14.7	—	3.26	0.68	6960	624	8.72	795	132	2.95	753	207
283	2.4	—	15.6	—	3.23	0.74	6160	564	8.61	704	118	2.91	676	185
258	2.6	—	16.8	—	3.19	0.79	5510	514	8.53	628	107	2.88	611	166
234	2.8	—	18.2	—	3.16	0.86	4900	466	8.44	558	95.8	2.85	549	149
211	3.0	—	19.5	—	3.13	0.94	4330	419	8.35	493	85.3	2.82	490	132
192	3.3	—	21.2	—	3.10	1.02	3870	380	8.28	440	76.8	2.79	442	119
175	3.6	—	22.5	—	3.07	1.11	3450	344	8.20	391	68.8	2.76	398	106
158	3.9	—	24.3	—	3.05	1.21	3060	310	8.12	347	61.4	2.74	356	94.8
143	4.2	—	26.7	—	3.03	1.32	2750	282	8.09	311	55.5	2.72	322	85.4
130	4.6	—	28.7	—	3.01	1.44	2460	256	8.03	278	49.9	2.70	291	76.7
119	5.3	—	29.0	—	3.02	1.59	2190	231	7.90	253	44.9	2.69	261	69.1
106	6.0	—	31.7	—	3.00	1.78	1910	204	7.84	220	39.4	2.66	230	60.5
97	6.4	—	34.7	54.7	2.99	1.92	1750	188	7.82	201	36.1	2.65	211	55.3
86	7.2	—	38.3	45.0	2.97	2.15	1530	166	7.77	175	31.6	2.63	186	48.4
76	8.1	64.2	42.8	36.0	2.95	2.43	1330	146	7.73	152	27.6	2.61	163	42.2
71	4.7	—	37.3	47.4	1.98	2.99	1170	127	7.50	80.3	15.8	1.70	145	24.7
65	5.1	—	40.8	39.7	1.97	3.22	1070	117	7.49	54.8	14.4	1.69	133	22.5
60	5.4	—	44.0	34.2	1.96	3.47	984	108	7.47	50.1	13.3	1.69	123	20.6
55	6.0	—	46.4	30.6	1.95	3.82	890	98.3	7.41	44.9	11.9	1.67	112	18.5
50	6.6	—	50.7	25.7	1.94	4.21	800	88.9	7.38	40.1	10.7	1.65	101	16.6
46	5.0	—	50.2	26.2	1.54	4.93	712	78.8	7.25	22.5	7.43	1.29	90.7	11.7
40	5.7	—	56.8	20.5	1.52	5.67	612	68.4	7.21	19.1	6.35	1.27	78.4	9.95
35	7.1	—	59.0	19.0	1.49	6.94	510	57.6	7.04	15.3	5.12	1.22	66.5	8.06
100	5.3	—	29.0	—	2.81	1.85	1490	175	7.10	186	35.7	2.51	198	54.9
89	5.9	—	31.9	64.9	2.79	1.85	1300	155	7.05	163	31.4	2.49	175	48.1
77	6.8	—	36.3	50.1	2.77	2.11	1110	134	7.00	138	26.9	2.47	150	41.1
67	7.7	—	41.3	38.6	2.75	2.40	954	117	6.96	119	23.2	2.46	130	35.5
57	5.0	—	38.2	45.2	1.86	3.23	758	92.2	6.72	43.1	12.1	1.60	105	18.9
50	5.6	—	42.8	36.1	1.84	3.65	659	81.0	6.68	37.2	10.5	1.59	92.0	16.3
45	6.2	—	46.8	30.2	1.83	4.06	586	72.7	6.65	32.8	9.34	1.57	82.3	14.5
40	6.9	—	52.5	24.0	1.82	4.53	518	64.7	6.63	28.9	8.25	1.57	72.9	12.7
36	8.1	64.0	53.8	22.9	1.79	5.28	448	56.5	6.51	24.5	7.00	1.52	64.0	10.8

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION



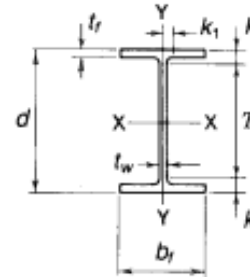
W SHAPES

Dimensions

Designation	Area <i>A</i>	Depth <i>d</i>		Web			Flange			Distance			
				Thickness <i>t_w</i>	$\frac{t_w}{2}$	Width <i>b_f</i>	Thickness <i>t_f</i>	<i>T</i>	<i>k</i>	<i>k₁</i>			
											In.	In.	In.
W 8×67	19.7	9.00	9	0.570	$\frac{9}{16}$	$\frac{9}{16}$	8.280	8 $\frac{1}{4}$	0.935	$\frac{19}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{13}{16}$	$\frac{13}{16}$
×58	17.1	8.75	8 $\frac{3}{4}$	0.510	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	8.220	8 $\frac{1}{4}$	0.810	$\frac{13}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{13}{16}$	$\frac{13}{16}$
×48	14.1	8.50	8 $\frac{1}{2}$	0.400	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	8.110	8 $\frac{1}{4}$	0.685	$\frac{11}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{3}{16}$	$\frac{5}{8}$
×40	11.7	8.25	8 $\frac{1}{4}$	0.360	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	8.070	8 $\frac{1}{8}$	0.560	$\frac{9}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{3}{8}$
×35	10.3	8.12	8 $\frac{1}{8}$	0.310	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	8.020	8	0.495	$\frac{1}{2}$	6 $\frac{1}{2}$	1	$\frac{9}{16}$
×31	9.13	8.00	8	0.285	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	7.995	8	0.435	$\frac{7}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{9}{16}$
W 8×28	8.25	8.06	8	0.285	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	6.535	6 $\frac{1}{2}$	0.465	$\frac{7}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{9}{16}$
×24	7.08	7.93	7 $\frac{7}{8}$	0.245	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	6.495	6 $\frac{1}{2}$	0.400	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{9}{16}$
W 8×21	6.16	8.28	8 $\frac{1}{4}$	0.250	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	5.270	5 $\frac{1}{4}$	0.400	$\frac{3}{8}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{3}{16}$	$\frac{1}{2}$
×18	5.26	8.14	8 $\frac{1}{8}$	0.230	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	5.250	5 $\frac{1}{4}$	0.330	$\frac{3}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{16}$
W 8×15	4.44	8.11	8 $\frac{1}{8}$	0.245	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	4.015	4	0.315	$\frac{3}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
×13	3.84	7.99	8	0.230	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	4.000	4	0.255	$\frac{1}{4}$	6 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{16}$	$\frac{7}{16}$
×10	2.96	7.89	7 $\frac{7}{8}$	0.170	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	3.940	4	0.205	$\frac{3}{16}$	6 $\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$
W 6×25	7.34	6.38	6 $\frac{3}{8}$	0.320	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{16}$	6.080	6 $\frac{1}{2}$	0.455	$\frac{7}{16}$	4 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{13}{16}$	$\frac{7}{16}$
×20	5.87	6.20	6 $\frac{1}{4}$	0.260	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	6.020	6	0.365	$\frac{3}{8}$	4 $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$
×15	4.43	5.99	6	0.230	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	5.990	6	0.260	$\frac{1}{4}$	4 $\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$
W 6×16	4.74	6.28	6 $\frac{1}{4}$	0.260	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	4.030	4	0.405	$\frac{3}{8}$	4 $\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$
×12	3.55	6.03	6	0.230	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	4.000	4	0.260	$\frac{1}{4}$	4 $\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$
× 9	2.68	5.90	5 $\frac{7}{8}$	0.170	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	3.940	4	0.215	$\frac{3}{16}$	4 $\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$
W 5×19	5.54	5.15	5 $\frac{1}{8}$	0.270	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	5.030	5	0.430	$\frac{7}{16}$	3 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{13}{16}$	$\frac{7}{16}$
×16	4.68	5.01	5	0.240	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	5.000	5	0.360	$\frac{3}{8}$	3 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$
W 4×13	3.83	4.16	4 $\frac{1}{8}$	0.280	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	4.060	4	0.345	$\frac{3}{8}$	2 $\frac{3}{4}$	1 $\frac{13}{16}$	$\frac{7}{16}$

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

W SHAPES Properties



Nom- inal Wt. per Ft	Compact Section Criteria				r_f	$\frac{d}{A_f}$	Elastic Properties						Plastic Modulus	
	$\frac{b_f}{2t_f}$	F_y'	$\frac{d}{t_w}$	F_y''			Axis X-X			Axis Y-Y			Z_x	Z_y
							I	S	r	I	S	r		
							in. ⁴	in. ³	in.	in. ⁴	in. ³	in.		
Lb.		Ksi		Ksi	in.								in. ³	in. ³
67	4.4	—	15.8	—	2.28	1.16	272	60.4	3.72	88.6	21.4	2.12	70.2	32.7
58	5.1	—	17.2	—	2.26	1.31	228	52.0	3.65	75.1	18.3	2.10	59.8	27.9
48	5.9	—	21.3	—	2.23	1.53	184	43.3	3.61	60.9	15.0	2.08	49.0	22.9
40	7.2	—	22.9	—	2.21	1.83	146	35.5	3.53	49.1	12.2	2.04	39.8	18.5
35	8.1	64.4	26.2	—	2.20	2.05	127	31.2	3.51	42.6	10.6	2.03	34.7	16.1
31	9.2	50.0	28.1	—	2.18	2.30	110	27.5	3.47	37.1	9.27	2.02	30.4	14.1
28	7.0	—	28.3	—	1.77	2.65	98.0	24.3	3.45	21.7	6.63	1.62	27.2	10.1
24	8.1	64.1	32.4	63.0	1.76	3.05	82.8	20.9	3.42	18.3	5.63	1.61	23.2	8.57
21	6.6	—	33.1	60.2	1.41	3.93	75.3	18.2	3.49	9.77	3.71	1.26	20.4	5.69
18	8.0	—	35.4	52.7	1.39	4.70	61.9	15.2	3.43	7.97	3.04	1.23	17.0	4.66
15	6.4	—	33.1	60.3	1.03	6.41	48.0	11.8	3.29	3.41	1.70	0.876	13.6	2.67
13	7.8	—	34.7	54.7	1.01	7.83	39.6	9.91	3.21	2.73	1.37	0.843	11.4	2.15
10	9.6	45.8	46.4	30.7	0.99	9.77	30.8	7.81	3.22	2.09	1.06	0.841	8.87	1.66
25	6.7	—	19.9	—	1.66	2.31	53.4	16.7	2.70	17.1	5.61	1.52	18.9	8.56
20	8.2	62.1	23.8	—	1.64	2.82	41.4	13.4	2.66	13.3	4.41	1.50	14.9	6.72
15	11.5	31.8	26.0	—	1.61	3.85	29.1	9.72	2.56	9.32	3.11	1.46	10.8	4.75
16	5.0	—	24.2	—	1.08	3.85	32.1	10.2	2.60	4.43	2.20	0.966	11.7	3.39
12	7.1	—	26.2	—	1.05	5.38	22.1	7.31	2.49	2.99	1.50	0.918	8.30	2.32
9	9.2	50.3	34.7	54.8	1.03	6.96	16.4	5.56	2.47	2.19	1.11	0.905	6.23	1.72
19	5.8	—	19.1	—	1.38	2.38	26.2	10.2	2.17	9.13	3.63	1.28	11.6	5.53
16	6.9	—	20.9	—	1.37	2.78	21.3	8.51	2.13	7.51	3.00	1.27	9.59	4.57
13	5.9	—	14.9	—	1.10	2.97	11.3	5.46	1.72	3.86	1.90	1.00	6.28	2.92

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

ANEXO 2: CATÁLOGOS PERFILES, MADERA Y CABLES.

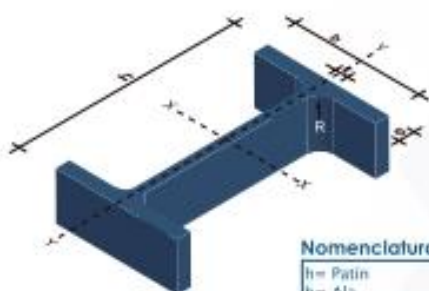
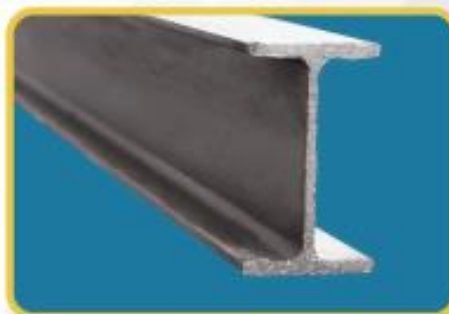
PERFILES LAMINADOS

IPE

Especificaciones Generales:

Norma:	RTE INEN 018
Calidad:	ASTM A36 / ENS 235 JR / EN10025 /ASTM A 572 GR 50 / ENS 355 J2
Largo Normal:	6,00mts y 12mts
Acabado:	Acero negro

*Otras calidades, otros largos y otros acabados
previa consulta



Nomenclatura

h= Patin
b= Ala
t= Espesor Alma
e= Espesor Ala
R= Radio Giro Ala



DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN ² cm ²	PESOS kg/mts	INERCIAS (cm ⁴)		Módulos de Resistencia (cm ³)	
	mm	mm	mm	mm	mm			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
IPE 80	80	46	3.80	5.20	5	7.64	6.00	80	8.49	20.00	3.69
IPE 100	100	55	4.10	5.70	5	10.30	8.10	171	15.90	34.20	5.79
IPE 120	120	64	4.40	6.30	5	13.20	10.40	318	27.70	63.00	8.65
IPE 160	160	82	5.00	7.40	7	20.10	15.80	869	68.30	109.00	16.70
IPE 200	200	100	5.60	8.50	9	28.50	22.40	1940	142.00	194.00	28.50
IPE 220	220	110	5.90	9.20	9	33.40	26.20	2770	205.00	252.00	37.30
IPE 240	240	120	6.20	9.80	12	39.10	30.70	3890	284.00	324.00	47.30
IPE 300	300	150	7.10	10.70	15	53.80	42.20	8360	604.00	557.00	80.50
IPE 400	400	180	8.60	13.50	18	84.50	63.30	23130	1320.00	1160.00	148.00
IPE 450	450	190	9.40	14.60	21	98.80	77.70	33740	1680.00	1500.00	176.00
IPE 500	500	200	10.20	16.00	21	116.00	90.70	48200	2140.00	1930.00	214.00



MADERAS DEL
WOODS OF PERU

QUINILLA COLORADA

ESPECIE : *Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Chev.
FAMILIA : Sapotaceae
SINONIMIA : *Manilkara balata* (Pierre) Dubard; *Manilkara balata* var. *cruegeri* (Pierre) Dubard; *Manilkara balata* var. *guffa* (Pierre) Dubard; *Manilkara balata* var. *hartii* (Pierre) Dubard; *Manilkara balata* var. *melinonii* (Pierre) Dubard; *Manilkara balata* var. *scamburgkii* (Pierre) Dubard; *Manilkara balata* var. *vieberi* (A. De Candolle) Dubard; *Manilkara bidentata* var. *cruegeri* (Pierre) Chevalier; *Manilkara williamsii* Standley; *Mimusops balata* sensu Pierre; *Mimusops balata* var. *guffa* Pierre.
NOMBRES COMUNES : Perú: balata, pamabla, quimilla, quimilla colorada. Bolivia: macaranduba. Brazil: macaranduba. Colombia: balata, casmitilla, leche de platano, nispenillo, nispero, trapichero. Venezuela: balata, cochinillo, cuberu, macaranduba, nispenillo, nispero, nispero mantenero, pendare, purgo, purgillo, purgo blanco, purgo morado, purvio.
NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: Macaranduba

CARACTERISTICAS DE LA ESPECIE

Distribución Geográfica: La distribución de la especie fue obtenida de la literatura y de reportes de herbario, se encuentra en los departamentos de Huánuco, Loreto, Madre de Dios y San Martín, entre 0 y 500 msnm. La especie existe en cantidades medias en la amazonía del Perú.

Arbol: Alcanza de 25 a 40 m de altura; tronco circular; se encuentran trozas de buena calidad de 15 a 25 m de longitud y de 50 a 85 cm de diámetro; aletones de variado desarrollo, poco desarrollados hasta bien desarrollados, altos y extendidos.

CHARACTERISTICS OF THE SPECIES

Geographical Distribution: The distribution of the species was obtained from literature and herbal reports within the provinces of Huánuco Loreto, Madre de Dios and San Martín, between 0 and 500 m above sea level. Small to average amounts of this species can be found in the Peruvian Amazon.

The Trees: 25 to 40 m tall, round trunk. High-quality, 15 to 25 meter long /50 to 85 cm diameter pieces might also be found. Mixed-development visible branches ranging from poorly developed to highly developed, high and extended. Stratified, dark

Copa estratificada color verde oscuro a verde claro. La corteza superficial del tronco es grisácea, apariencia áspera, con fisuras profundas; corteza muerta gruesa; corteza viva de color rojo anaranjado. Látex blanco, abundante y pegajoso.

CARACTERISTICAS DE LA MADERA

Color: El tronco recién cortado presenta las capas externas de la madera (albura) de color castaño claro y las capas internas (duramen) de color castaño rojizo oscuro, observándose entre ambas capas un gran y abrupto contraste en el color. En la madera seca al aire la albura se torna de color marrón rojizo claro HUE 6/4 5YR y el duramen marrón rojizo HUE 4/4 5YR. (Munsell Soil Color Charts).

Olor	: No distintivo.
Lustre o brillo	: Bajo.
Grano	: Recto.
Textura	: Fina.
Veteado o figura	: Arcos superpuestos con franjas anchas lustrosas de tonos intercalados.

CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS

Propiedades Físicas

Densidad básica	: 0,87	gr/cm ³
Contracción tangencial	: 11,01	%
Contracción radial	: 6,76	%
Contracción volumétrica	: 15,80	%
Relación T/R	: 2,20	

Propiedades Mecánicas

Módulo de elasticidad en flexión	: 184 000	kg/cm ²
Módulo de rotura en flexión	: 1 204	kg/cm ²
Compresión paralela (RM)	: 476	kg/cm ²
Compresión perpendicular (ELP)	: 140	kg/cm ²
Corte paralelo a las fibras	: 135	kg/cm ²
Dureza en los lados	: 1 090	kg/cm ²
Tenacidad (resistencia al choque)	: 6,6	Kg-m

RECOMENDACIONES TECNICAS

La *Quinilla colorada* es una madera muy pesada, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable.

Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría alta.

La madera requiere de mayor esfuerzo para ser trabajada debido a la alta resistencia mecánica y dureza, presenta muy buena trabajabilidad en el cepillado, taladrado, torneado y molurado.

El secado natural es lento, presenta buen comportamiento al secado artificial con un programa suave.

Posee alta durabilidad natural, el duramen es resistente al ataque biológico, sin embargo su resistencia a insectos marinos es baja, para preservarla es recomendable utilizar el método vacío-presión.

UTILIDAD

La madera se puede utilizar en traviesas, durmientes, construcciones pesadas, piezas de puentes, postes, pisos, parquet, chapas decorativas, arcos e instrumentos musicales y tomería.

green to light green top. The surface of the bark is grayish, rough-looking, deeply fissured. Thick dead bark. Main bark is orange red. Abundant, sticky, white latex.

CHARACTERISTICS OF THE WOOD

Color: When freshly cut, sapwood (albumum) is light chestnut-brown and hardwood (duramen) is dark reddish chestnut-brown. Great and abrupt contrast of colors between both layers. When dried in open air, albumum turns reddish brown HUE 6/4 5YR and duramen turns reddish brown HUE 4/4 5YR. (Munsell Soil Color Charts).

Fragrance	: Non-distinctive.
Shine or gloss	: Low.
Grain	: Straight.
Texture	: Delicate.
Streaks or patterns	: Overlapped arches. Glossy wide stripes in different inserted shades

TECHNICAL CHARACTERISTICS

Physical Properties

Primary density	: 0,87	gr/cm ³
Tangential contraction	: 11,01	%
Radial contraction	: 6,76	%
Volumetric contraction	: 15,80	%
T/R Ratio	: 2,20	

Mechanical Properties

Module of elasticity in flexion	: 184 000	kg/cm ²
Module of breakage in flexion	: 1 204	kg/cm ²
Parallel compression (RM)	: 476	kg/cm ²
Perpendicular compression (ELP)	: 140	kg/cm ²
Grain-parallel cut	: 135	kg/cm ²
Hardness on the sides	: 1 090	kg/cm ²
Firmness (Resistance to impact)	: 6,6	kg-m

TECHNICAL ADVICE

Quinilla colorada is a very heavy type of wood, showing low linear shrinkage and moderately stable volumetric shrinkage.

Mechanical resistance is in the limit of the high rank.

Wood requires great effort to be worked on due to high mechanical resistance and hardness. Good workability when polished, drilled, lathe-shaped or molded.

Natural drying process is slow. Performs well when artificially dried in a mild setting.

High natural durability, duramen is resistant against biological attack; however its resistance to underwater insects is low, vacuum-pressure chamber is recommended.

USES

Wood can be used in crossbeams, railway sleepers, heavy constructions, pieces for bridges, poles, floors, wooden tiles, decorative plates, arcs, musical instruments and lathe-shaped pieces.

AGM 17x7 NUFLEX / TAG 34x7 NUFLEX

Composiciones tradicionales Las clásicas composiciones 17x7 y 34x7. Cables resistentes.

- Tolerancia sobre diámetro -1 +4%
- Alma metálica
- Cableado cruzado / Engrasado específico

AGM 17x7 NUFLEX

Economía, fiabilidad, resistencia

Cableado cruzado

Acero galvanizado 2160 N/mm²

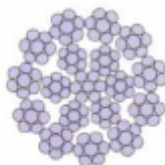
TAG 34x7 NUFLEX

Elevación a gran altura

Cableado cruzado

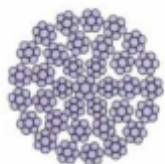
Acero galvanizado 1960 N/mm²

Ø 6 a 18 mm.
AGM 17 x 7 NUFLEX
17 cordones de 7 hilos
77 hilos portantes



Ø 17,5 a 52 mm.
TAG 34 x 7 NUFLEX
34 cordones de 7 hilos
119 hilos portantes

Ø 54 a 71 mm.
TAG 34 x 7 NUFLEX
34 cordones de 7 hilos
289 hilos portantes



Ø 74 a 90 mm.
TAG 34 x 7 NUFLEX
34 cordones de 19 hilos
323 hilos portantes

Código		Referencia		Diámetro del cable (mm.)	Diámetro hilo exterior (mm.)	Peso (Kg/m)	Carga de rotura mínima (kN)
CD	CI	CD	CI				
17 x 7 f= 0,660 k= 0,865							
949060	9490601	96023	309236	6,00	0,40	0,149	229,10
949067	9490671	96024	332236	6,70	0,45	0,183	37,00
949070	9490701	308413	309237	7,00	0,47	0,200	40,40
949075	-	86221	-	7,50	0,50	0,222	44,90
949080	-	40669	-	8,00	0,55	0,269	54,80
949090	-	96025	-	9,00	0,60	0,319	64,90
949100	-	96026	-	10,00	0,67	0,407	82,00
949105	-	302732	-	10,50	0,70	0,444	88,40
949110	-	308073	-	11,00	0,75	0,512	101,00
949120	-	96027	-	12,00	0,80	0,571	114,80
949130	-	303082	-	13,00	0,87	0,692	142,00
949140	-	307062	-	14,00	0,95	0,819	165,00
949145	-	307063	-	14,50	1,00	0,898	182,00
949160	-	303420	-	16,00	1,10	1,110	223,00
949180	-	303414	-	18,00	1,20	1,316	264,00
34 x 7 f= 0,599 k= 0,807							
965175	-	-	-	17,50	0,83	1,170	220,00
965190	-	-	-	19,00	0,95	1,510	287,00
965200	-	-	-	20,00	1,00	1,670	327,00
965240	-	-	-	24,00	1,20	2,440	466,00
965300	-	-	-	30,00	1,45	3,780	680,00
965340	-	-	-	34,00	1,65	4,820	860,00
965360	-	-	-	36,00	1,75	5,580	972,00
965380	-	-	-	38,00	1,85	6,020	1.087,00
965400	-	-	-	40,00	1,95	6,670	1.205,00
965420	-	-	-	42,00	2,05	7,490	1.328,00
965450	-	-	-	45,00	2,15	8,180	1.454,00
965480	-	-	-	48,00	2,30	9,350	1.662,00
965520	-	-	-	52,00	2,50	11,050	1.960,00
34 x 17							
965540	-	-	-	54,00	2,10	12,300	2.163,00
965560	-	-	-	56,00	2,25	13,100	2.473,00
965600	-	-	-	60,00	2,35	15,300	2.689,00
965640	-	-	-	64,00	2,50	17,300	3.096,00
965670	-	-	-	67,00	2,60	18,850	3.315,00
965710	-	-	-	71,00	2,75	21,200	3.730,00
34 x 19							
965740	-	-	-	74,00	2,65	23,280	4.095,00
965770	-	-	-	77,00	2,75	25,360	4.455,00
965800	-	-	-	80,00	2,85	27,450	4.775,00
965830	-	-	-	83,00	2,95	29,100	5.095,00
965860	-	-	-	87,00	3,10	31,800	5.599,00
965900	-	-	-	90,00	3,20	34,280	6.000,00

f= coeficiente de relleno

k= coeficiente de pérdida en el cableado.

APLICACIONES

GRUAS TORRE / GRUAS AUTOPROPULSADAS.