

A 3D architectural rendering of a bridge structure, viewed from underneath. The bridge features a series of white, rectangular concrete piers supporting a flat deck. The perspective is from the water level, looking through the bridge's framework towards a distant shoreline with green hills and a rocky outcrop. The sky is blue with some white clouds. Streetlights are visible on the bridge deck above.

*UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA*

TRABAJO FINAL DE CARRERA
***DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO
EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO***

AUTORAS:

***BENITEZ, ANGELA AGOSTINA
CHAIN, YAMILA ANA BELEN***

TUTORA: ING. ROSHDESTWENSKY, KRISTEL

ASESOR HIDRÁULICO: ING. DEPETTRIS, CARLOS

AÑO: 2022

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

INDICE

CAPITULO 1 : INTRODUCCION	PAG 3
CAPITULO 2: ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	PAG 11
CAPITULO 3: ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	PAG 19
CAPITULO 4: ESTUDIO HIDROLÓGICO	PAG 27
CAPITULO 5: DISEÑO ESTRUCTURAL	PAG 55
CAPITULO 6: DIMENSIONAMIENTO.....	PAG 73
CAPITULO 7: ANALISIS ECONÓMICO.....	PAG 263
CAPITULO 8: ANEXOS.....	PAG 292
CAPITULO 9: BIBLIOGRAFIA.....	PAG 324



CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Conscientes del progresivo crecimiento que presenta el país, se observa al mismo en la constante demanda de nuevos proyectos que mejoren la infraestructura y calidad de vida de las personas que habitan en él. Uno de los sectores más carentes de actualización e innovación en soluciones es el sector vial, que es considerado fundamental para el desarrollo de la economía de cualquier región.

Para poder evaluar cualquier obra de ingeniería, es necesario comprender y estudiar el entorno que rodea a la misma y los factores que directa e indirectamente influyen sobre esta. Es por esto que, para comprender el enfoque de nuestro proyecto, un puente en la autovía Ruta Nacional N°11 sobre el río Tragadero, es necesario que se contextualice sobre el emplazamiento y las características de la ruta a analizar, la cual se verá beneficiada por el mismo. Además, al estar el tramo en estudio inserto en una cuenca definida, es necesario conocer los factores fisiográficos e hidrológicos de la misma ya que se verá alterada por la obra.

ANTECEDENTES

La RNN°11 es una facilidad vial de 980 km. de recorrido que inicia en la avenida de circunvalación de la ciudad de Rosario y llega hasta el puente San Ignacio de Loyola en la frontera con Paraguay. En su extensión, atraviesa las provincias de Santa Fe, Chaco y Formosa.

La misma, en la actualidad, está siendo rediseñada por la Dirección Nacional de Vialidad, Distrito 18, con el objetivo de transformarla en una Autovía, comprendida entre el Empalme con Ruta Nacional N°89 hasta el Empalme con Ruta Provincial N°90. Este proyecto contempla la construcción de obras básicas y calzada adicional, calles colectoras, puentes sobre los distintos cuerpos de agua que atraviesan la ruta, como ser el río Negro, río Salado y el río Tragadero, además de intercambiadores, ciclovías, señalización horizontal y vertical, iluminación y semaforización.

Teniendo en cuenta esta propuesta, actualmente la DNV está elaborando el anteproyecto para licitar la construcción de la autovía de la RNN°11 en el tramo AUTÓDROMO-ACCESO A COLONIA BENITEZ, por lo que en el presente trabajo se desarrollará el cálculo estructural del puente de hormigón pretensado sobre el río Tragadero que se incluirá en este anteproyecto.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FIGURA I.1: Mapa República Argentina con red caminera.

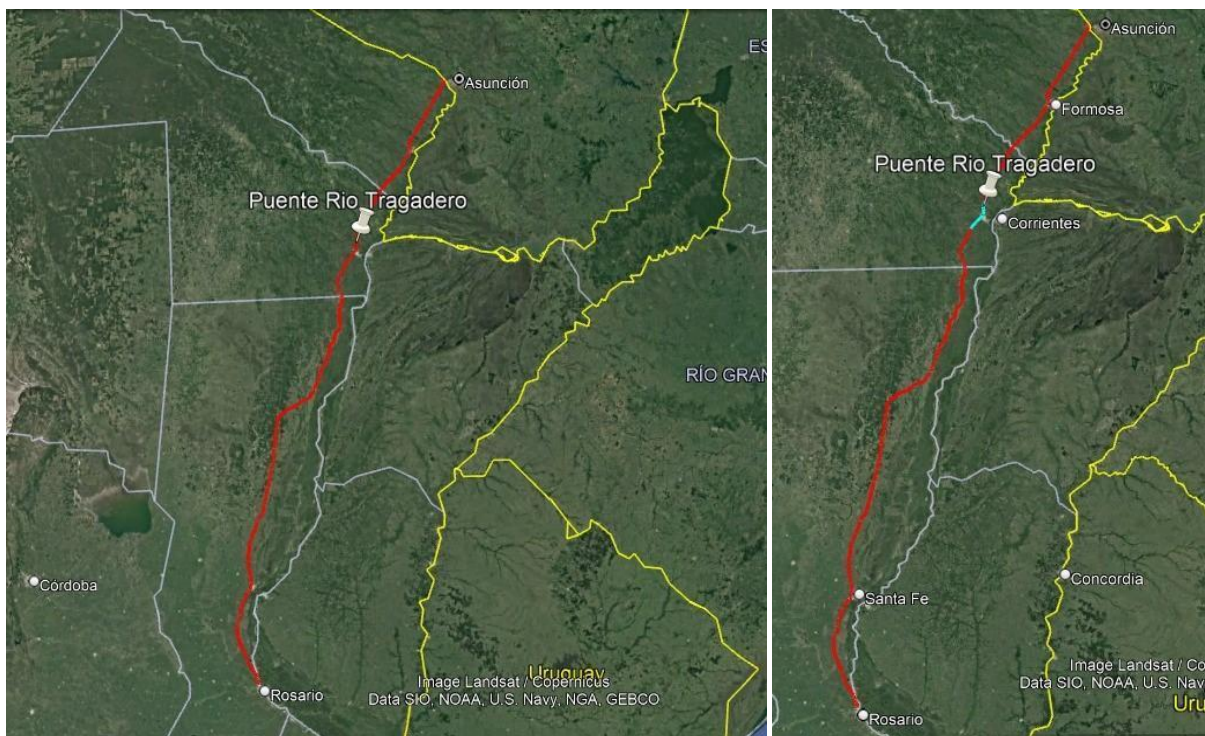


FIGURA I.2: Delimitación Ruta Nacional N°11 – FUENTE: Elaboración Propia-Google Earth;

FIGURA I.3: Delimitación OBRA AUTOVÍA (en celeste) sobre Ruta Nacional N°11.FUENTE: Elaboración Propia-Google earth

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

La cuenca del río Tragadero (*figura 1.4*) se encuentra ubicada al este de la provincia de Chaco, y se desarrolla entre los 26° 30' S y los 27° 30' S y entre los 59° O y 60° O, con una extensión de aproximadamente 2.000 km². La misma forma parte de la red hidrográfica tributaria del río Paraná, desembocando en este a través del riacho Barranqueras. Nace al este de Colonia Las Garcitas, en el Estero Guerrero, y se mantiene como cuenca estrecha hasta la zona del Estero Marcado, desde donde, y hacia aguas abajo, se ensancha, con sus divisorias corriendo casi paralelas, hasta las proximidades de Margarita Belén, donde vuelve a estrecharse.

Su cauce principal, el río Tragadero (*figura 1.5*), tiene una longitud de aproximadamente 122 km. Partiendo desde el este de la localidad de Colonia Las Garcitas, hasta su confluencia con el río Negro, 650m. antes de su desembocadura en el riacho Barranqueras.

El río Tragadero es atravesado por la traza de la RNN°11 y por la traza de la potencial autovía antes mencionada.

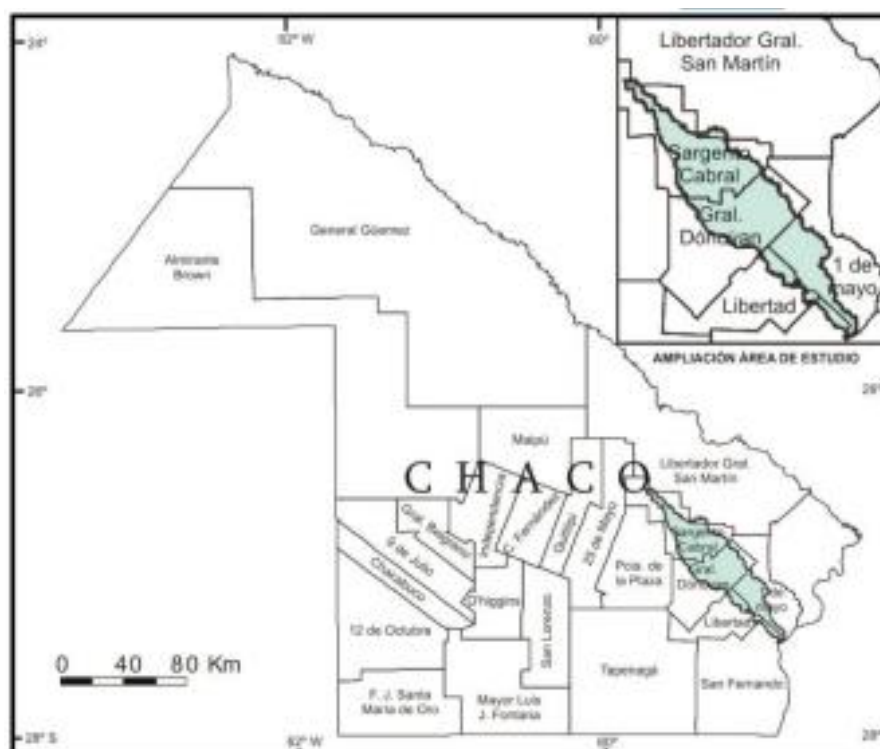


FIGURA 1.4: Cuenca río Tragadero

FUENTE: TESIS DOCTORAL Estructura, dinámica y características del paisaje en áreas representativas de la cuenca del río Tragadero en la provincia del Chaco (Argentina) - Patricia Perla Snaider Forlín

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

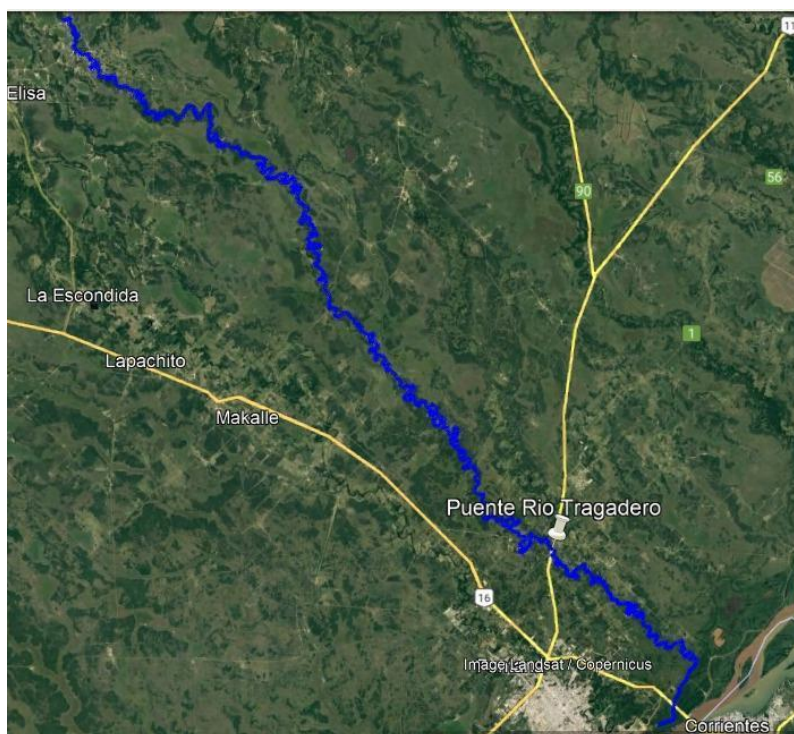


FIGURA I.5: Río Tragadero – FUENTE: Google Earth

El puente existente, sobre el cual evaluaremos nuestro anteproyecto, se encuentra emplazado en la RNN°11 sobre el río Tragadero, ubicado en la progresiva 1018.56 de la misma. Fue construido en 1945, con una longitud de 45m., y actualmente está sujeto a un TMDA de 5220vpd. Últimamente, ha sufrido problemas estructurales, producto de su uso y su antigüedad.

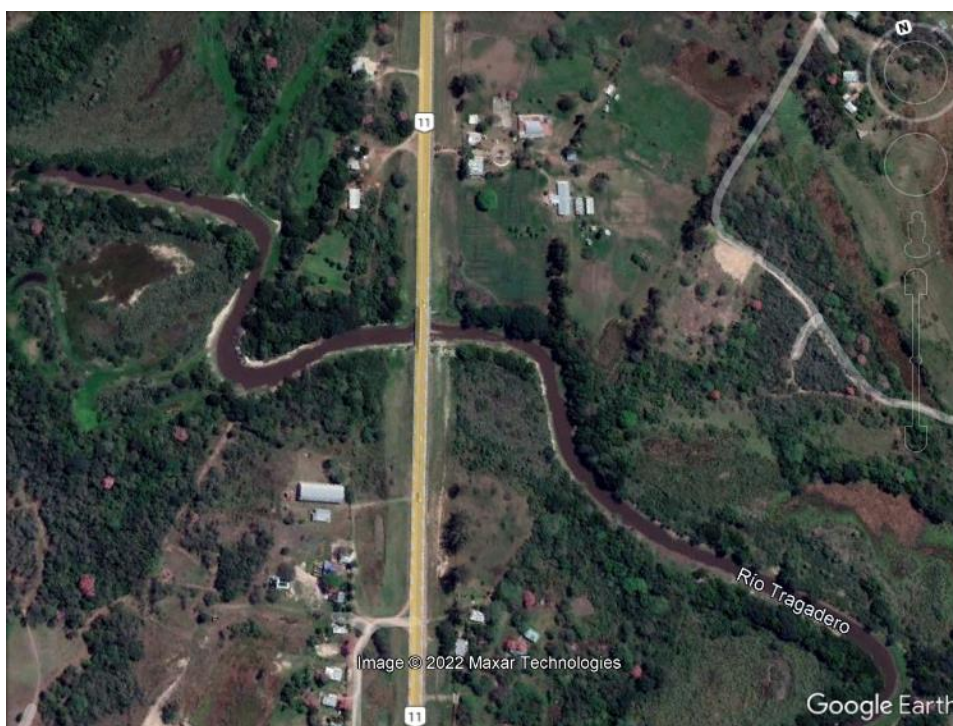


FIGURA I.6: Intersección río Tragadero y Ruta Nacional N°11 – FUENTE: Google Earth

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FIGURA I.7: Puente río Tragadero en Ruta Nacional N°11 actualmente.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA EN ESTUDIO

TOPOGRAFÍA: La pendiente general del terreno es muy escasa, entre 20 y 40 cm/km, lo que equivale a una pendiente de 0,2 a 0,4 ‰; por lo que la zona es una gran superficie llana y con reducidas alturas sobre el nivel del mar.

SUELOS: Constituidos por sedimentos aluviales. En su mayor parte compuesto por arenas, arcillas y limos.

CLIMA: La provincia presenta condiciones climáticas del tipo subtropical, con temperaturas elevadas durante el verano (24°-28°), inviernos moderados (12°-18°) y lluvias abundantes en la época calurosa. Las temperaturas disminuyen de norte a sur y las precipitaciones disminuyen de este a oeste, este último hecho debido a los vientos húmedos que llegan desde el atlántico. Los vientos predominantes son de dirección este y sur.

OBJETIVOS

Este trabajo tiene por finalidad desarrollar el dimensionamiento y cálculo estructural de un puente de hormigón pretensado sobre el río Tragadero, que formarán parte del anteproyecto para licitación de autovía de la RNN°11 en el tramo AUTÓDROMO-ACCESO A COLONIA BENITEZ.

El pliego para esta obra está siendo elaborado por la Dirección Nacional de Vialidad Distrito 18, y el presente trabajo se elabora para incluirlo en el mismo.

El puente diseñado reemplazará al existente y contendrá una calzada con dos carriles por sentido, una colectora por sentido, y una vereda peatonal por sentido.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La intersección de la RNN° 11 y el río Tragadero, en la que actualmente existe un puente, se encuentra en el Departamento Libertad de la provincia del Chaco, al oeste de la Localidad de Colonia Benítez, en la progresiva 1018,56 de dicha ruta.

El tramo de la RNN° 11 dentro del cual estará ubicado el puente objeto de estudio, será desde la progresiva 1009 + 590 a la progresiva 1045 + 793, vinculando la ciudad de Resistencia y la localidad Margarita Belén.

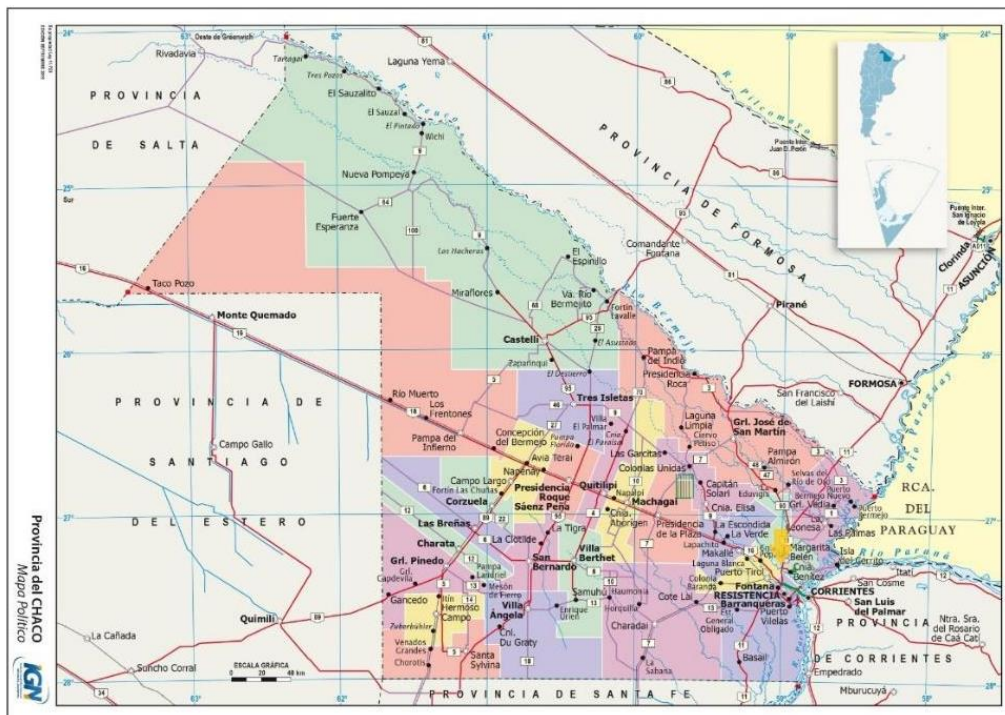


FIGURA I.8: Mapa provincia de Chaco con indicación de puente (en amarillo)



FIGURA I.9: Mapa provincia de Chaco con indicación de puente (en amarillo) con acercamiento.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

TRAZA DEL CAMINO

Debido a que el anteproyecto de la RNN° 11 se basa en la construcción de una autovía en donde actualmente existe un camino de dos carriles, la traza del puente será la misma que la del ya existente.

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Al tratarse de una ruta nacional, es de primordial importancia brindar al usuario un nivel de servicio óptimo, ofreciendo calidad tanto en los costos de viaje, como en seguridad y confort de los pasajeros. Esto no se ve reflejado en el tramo que estamos analizando, ya que presenta múltiples conflictos con respecto a la transitabilidad y la funcionalidad.

Desde el momento en el que se diseñó el puente existente hasta la actualidad, el tránsito promedio se incrementó. Este aumento se debió, en medida, al avance tecnológico que experimentó el país en los últimos años, y además al hecho de que la gran mayoría de las vías de comunicación férreas dejaron de utilizarse, y las cargas que eran transportadas por este medio, comenzaron a valerse de las vías carreteras, por lo que muchas de las cargas que circulan en la provincia lo hacen sobre rutas que no fueron diseñadas en un principio para estas condiciones.

A su vez, actualmente el puente posee inconvenientes estructurales, específicamente en los apoyos móviles. Los mismos están compuestos por rótulas metálicas, que se encargan de absorber los movimientos de dilatación y contracción de la estructura de hormigón. Sin embargo, con el paso del tiempo se fueron desgastando y desplazando y en este momento ya no cumplen su función eficientemente y como consecuencia, las juntas se han ido deteriorando.

Considerando todas las situaciones mencionadas anteriormente, se puede llegar a la conclusión de que el reemplazo del actual puente junto con la construcción de la autovía presenta múltiples beneficios, por lo que el objetivo del presente trabajo está firmemente fundamentado.



CAPITULO 2

ESTUDIO GEOTECNICO

INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se presentan los resultados del estudio de suelo realizado para el proyecto de Autovía RNN11, en el puente sobre el Río Negro.

El mismo será tomado como representativo para el caso en estudio. Como el presente trabajo tiene carácter de anteproyecto y dado que la cuenca del río Negro y la cuenca del río Tragadero tienen una estratigrafía similar, consideramos que es aceptable trabajar con esta información disponible.

El lugar donde se realizaron los estudios de campo corresponde a un área del tramo de la autovía RNN°11: Cementerio Parque Jazmín - Autódromo, donde estaba prevista la construcción de un nuevo puente de hormigón armado sobre el río Negro.

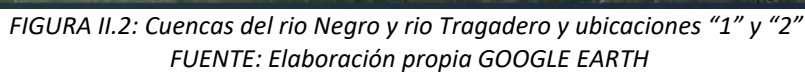
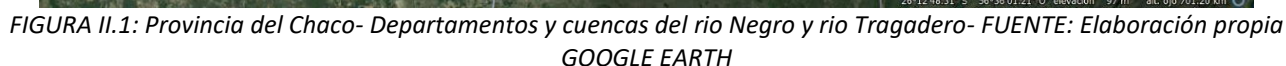
El Estudio con el que se trabajó en este capítulo corresponde al trabajo de consultoría realizado por GAUTO INGENIERIA S.A. en el año 2014 y se le atribuyen todos los derechos de autor. Se adjunta el mismo en el capítulo ANEXOS.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO UTILIZADO

Como se mencionó anteriormente, se trabaja con un estudio de suelos correspondiente al Río Negro. Esto se debe a varios factores, uno de ellos es que actualmente no se cuenta con un estudio de suelos en la zona en la que se planea materializar el puente sobre el río Tragadero. La repartición encargada de licitar la obra de la autovía en RNN°11, tramo AUTÓDROMO-RUTA PROVINCIAL 90 (DNV), de la que formará parte el puente dimensionado en este trabajo, decidió delegar este trabajo a la empresa que resulte adjudicada, en el momento de su materialización; y, en nuestro carácter de estudiantes, no contamos con los recursos necesarios para realizar este estudio por nuestra cuenta.

Otra de las razones es que la provincia del Chaco cuenta con una estratigrafía similar en toda su extensión, y basándose en las siguientes imágenes, se puede argumentar la similitud estratigráfica entre la cuenca del río Negro y la cuenca del río Tragadero.

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

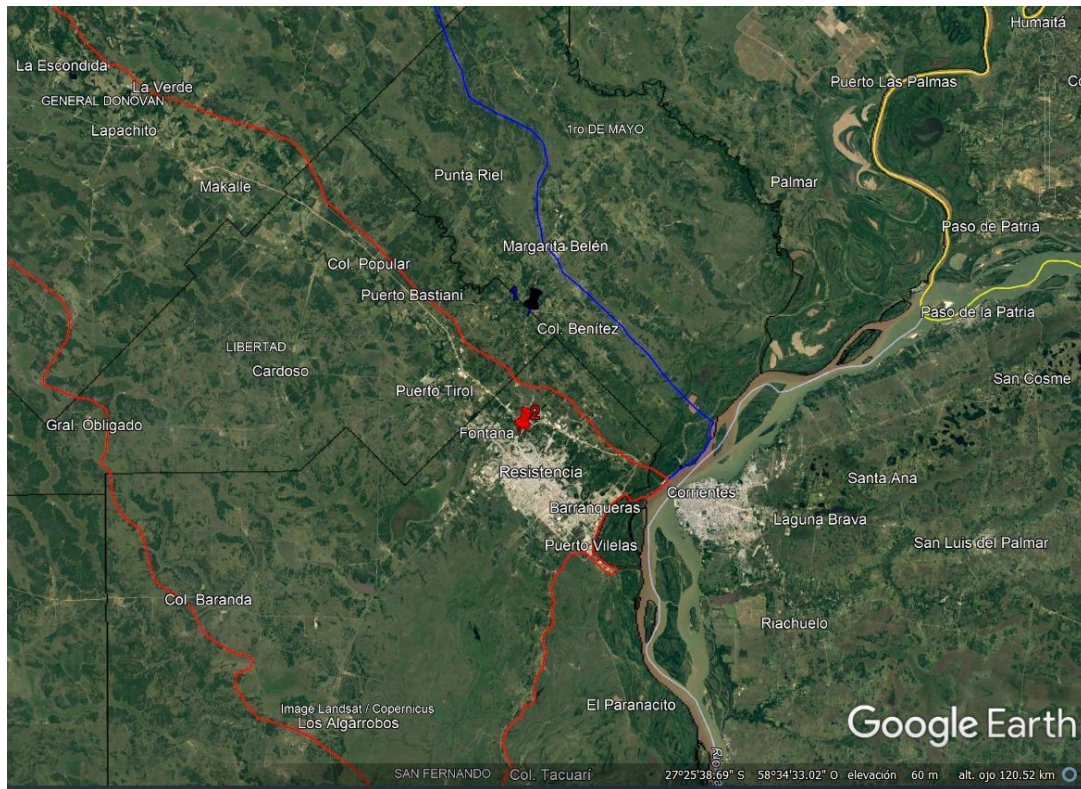


FIGURA II.3: Ubicaciones "1" y "2" - FUENTE: Elaboración propia GOOGLE EARTH

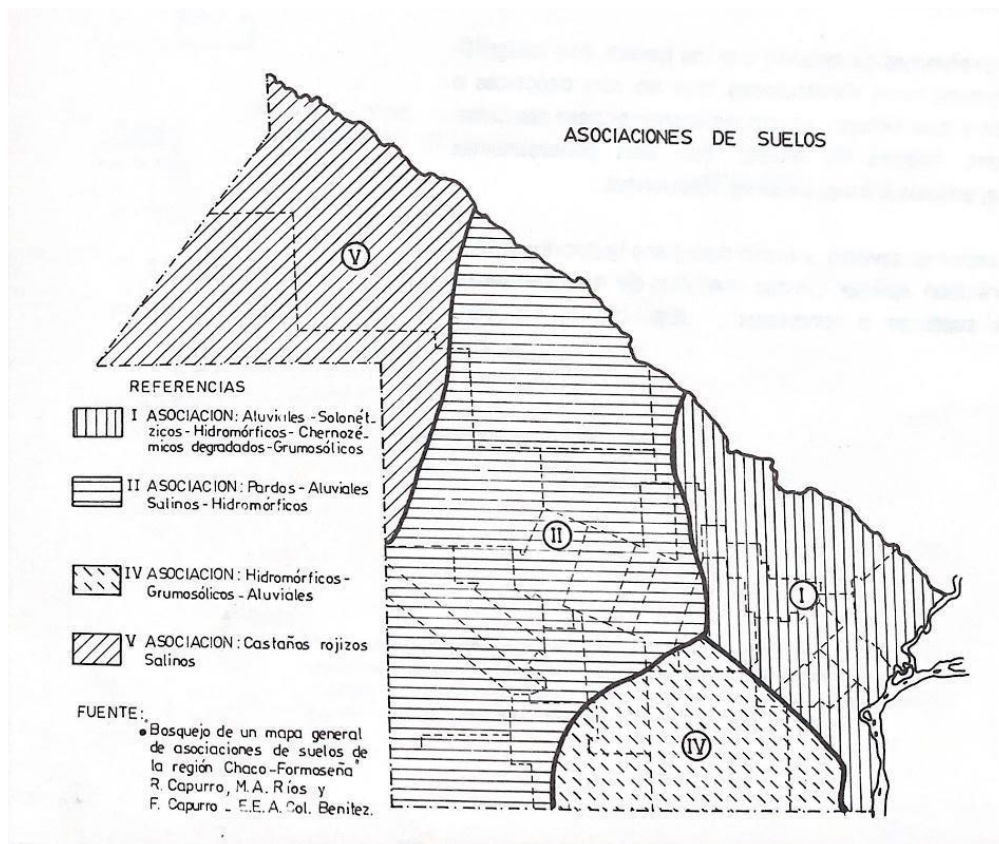


FIGURA II.4: Asociaciones de suelos de la provincia del Chaco

FUENTE: Atlas geográfico de la provincia del Chaco. TOMO I: El medio natural. GEOGRAFICA 5

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Las cuencas del río Negro (en rojo) y del río Tragadero (en azul) atraviesan varios departamentos. El punto nombrado "1" representa la localización del puente para el presente proyecto. El punto nombrado como "2" indica la ubicación donde se realizó el estudio de suelos utilizado como base para este trabajo. Según la última imagen, ambos puntos se encuentran en la misma región de asociación de suelo, en este caso: Aluviales - Solonéticos - Hidromórficos - Chernozémicos degradados - Grumosólicos; avalando la afirmación de que los suelos en ambos puntos son similares y el estudio para el puente del río Negro se puede utilizar, considerándolo representativo para el puente en el río Tragadero.

Como el estudio usado tenía como finalidad aportar información para la construcción de un puente, el nivel de detalle alcanzado y las profundidades analizadas son acordes a los objetivos de nuestro trabajo.

Por último, se considera a este trabajo con un carácter de anteproyecto, por lo que, teniendo en cuenta la justificación anterior sobre la estratigrafía de la zona, se tiene información suficiente para alcanzar un resultado aceptable.

RESULTADO

SONDEO 1

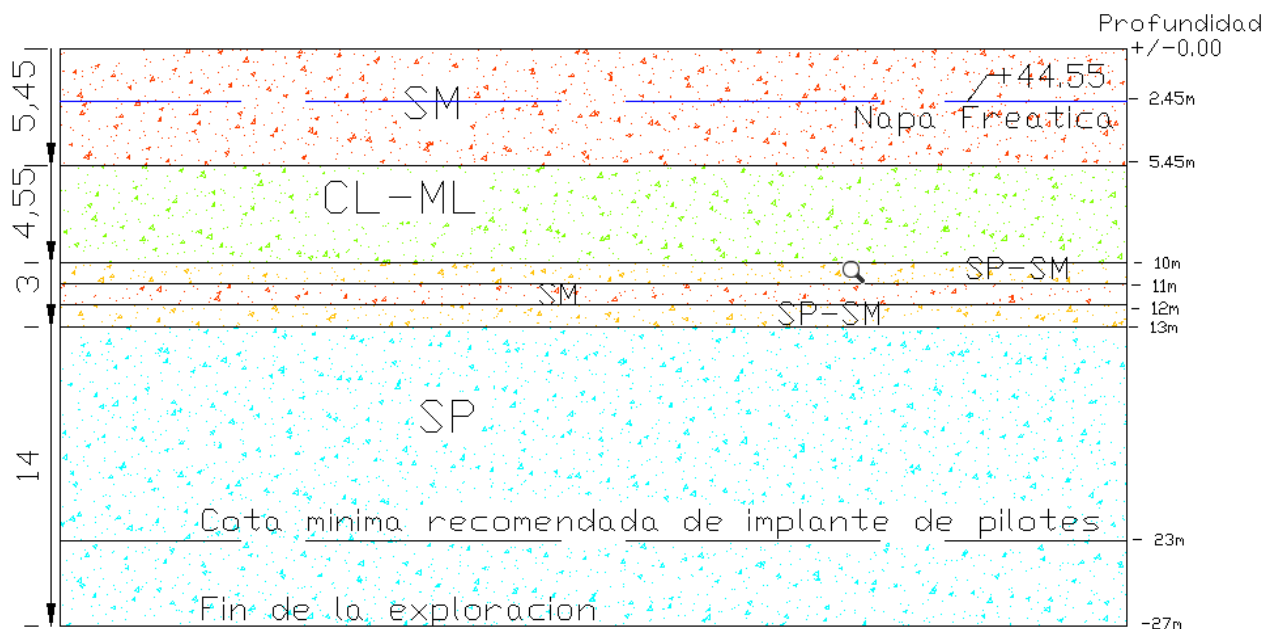


FIGURA II.5: Estratigrafía del Sondeo 1
FUENTE: Elaboración Propia

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

SONDEO 2

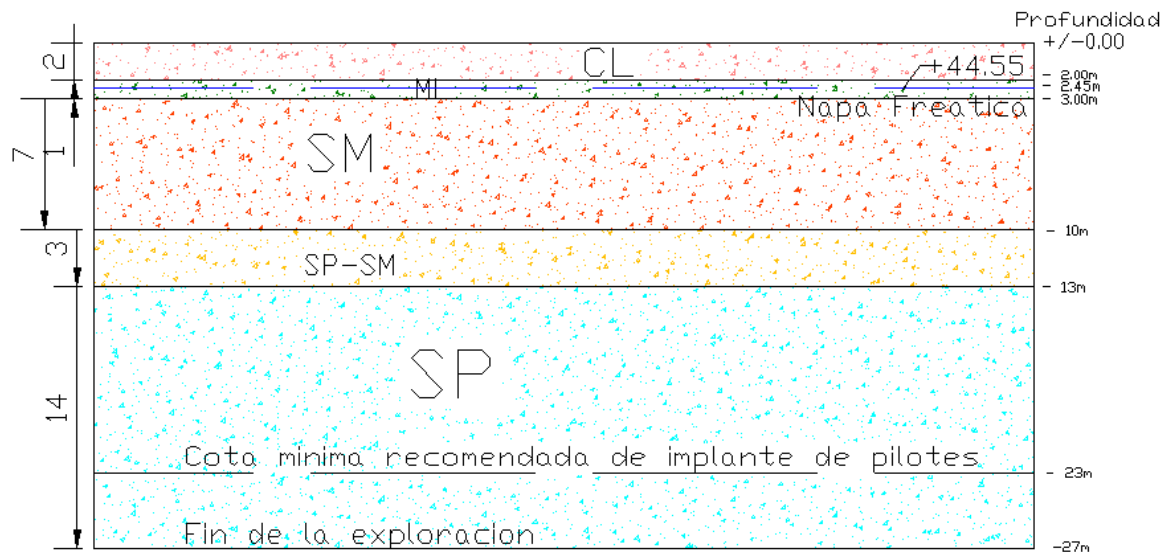


FIGURA II.6: Estratigrafía del Sondeo 2

FUENTE: Elaboración Propia

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados, se presentan recomendaciones y una solución óptima de fundación para la presente estructura:

DISEÑO DE LA FUNDACIÓN

TIPO DE FUNDACIÓN: Se recomienda fundaciones profundas tipo indirectas a través de pilotes perforados in situ, con recirculación de lodo bentónico para los cimientos.

NIVEL DE PUNTA DE LOS PILOTES: Debido al perfil y las características de los suelos, se recomienda una cota mínima de 23m. de profundidad, referido al terreno natural.

ESFUERZO	TENSIÓN ADMISIBLE [t/m ²]	PROFUNDIDAD [m]	COTA
Tensión lateral (T)	-	0 a 8	47 a 39
	1,7	8 a 17	39 a 30
	2	17 a 23	30 a 24
Tensión de Punta (σ)	280	23	24

TABLA II.1: Valores de las tensiones. FUENTE: GAUTO INGENIERIA SA

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO:

MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO		
REACCIÓN HORIZONTAL [kg/cm ³]	PROFUNDIDAD [m]	COTA
-	0 a 8	47 a 39
2,5	8 a 17	39 a 30
8	17 a 23	30 a 24

TABLA II.2: Módulo de Reacción del suelo. FUENTE: GAUTO INGENIERIA SA

Teniendo en cuenta las recomendaciones presentadas por la consultora y habiendo evaluado los perfiles de los sondeos presentados, notamos que en el sondeo P1, se aprecia la existencia de un manto arcilloso, que consideramos debería tenerse en cuenta ya que la presencia de este material no va a representar un aporte significativo en la resistencia.

Es por ello que adoptamos el siguiente perfil estratigráfico, a partir de la sectorización realizada por la consultora para la determinación de la resistencia lateral y de punta. Este perfil resultará representativo del estudio presentado.

Perfil Adoptado

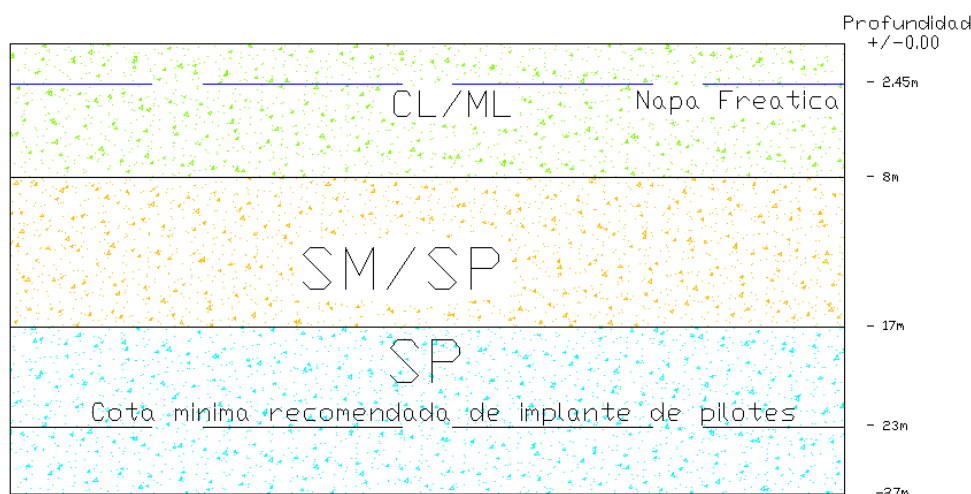


FIGURA II.7: Estratigrafía
FUENTE: Elaboración Propia

A su vez, como el informe presentado por la consultora no menciona los valores de peso específico de los diferentes estratos, los cuales son necesarios para los cálculos del empuje del suelo en los elementos componentes del puente, los mismos se estimaron considerando, para cada uno de los suelos, los valores medios de densidad basados en la bibliografía teórica.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

▼ **TABLA 1.5** Relación de vacíos, contenido de agua y peso específico seco, típicos para algunos suelos

Tipo de suelo	Relación de vacíos e	Contenido de agua natural en condición saturada (%)	Peso específico seco, γ_d	
			(lb/pie ³)	(kN/m ³)
Arena uniforme suelta	0.8	30	92	14.5
Arena uniforme densa	0.45	16	115	18
Arena limosa suelta de grano anguloso	0.65	25	102	16
Arena limosa densa de grano anguloso	0.4	15	120	19
Arcilla dura	0.6	21	108	17
Arcilla suave	0.9–1.4	30–50	73–92	11.5–14.5
Loes	0.9	25	86	13.5
Arcilla orgánica suave	2.5–3.2	90–120	38–51	6–8
Morrena glacial	0.3	10	134	21

TABLA II.3: Relación de vacíos, contenidos de agua y peso específico seco-
FUENTE: Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Braja M Das

Tabla 6.3

Porosidad, relación de vacíos y peso unitario de suelos típicos en estado natural

Descripción del suelo	Porosidad n (%)	Relación de vacíos e	Contenido de humedad w (%)	Peso unitario	
				γ_s g/cm ³	γ
1. Arena uniforme, suelta	46	0.85	32	1.43	1.89
2. Arena uniforme, densa	34	0.51	19	1.75	2.09
3. Arena graduada, suelta	40	0.67	25	1.59	1.99
4. Arena graduada, densa	30	0.43	16	1.86	2.16
5. Morena glacial con partículas de todo tamaño	20	0.25	9	2.12	2.32
6. Arcilla glacial blanda	55	1.2	45	..	1.77
7. Arcilla glacial resistente	37	0.6	22	..	2.07
8. Arcilla blanda ligeramente orgánica	66	1.9	70	..	1.58
9. Arcilla blanda muy orgánica	75	3.0	110	..	1.43
10. Bentonita blanda	84	5.2	194	..	1.27

w = contenido de humedad del suelo saturado, en por ciento del peso del suelo seco.
 γ_s = peso unitario del suelo seco.
 γ = peso unitario del suelo saturado.

TABLA II.4: Porosidad, relación de vacíos y peso unitario de suelos típicos.
FUENTE: Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica. F Karl Terzaghi & Ralph Peck

ESTRATO 1: CL/ML → Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas limosas, arcillas con grava, arcillas arenosas.

Valor de peso específico saturado adoptado: 17.35 KN/m³–18 KN/m³

ESTRATO 2: SM/SP → Arenas limosas, mezclas arena – limo.

Valor de peso específico saturado adoptado: 19.5 KN/m³–20 KN/m³

ESTRATO 3: SP → Arena mal graduada, arenas gravosas, poco o ningún fino.

Valor de peso específico saturado adoptado: 21.2 KN/m³–21 KN/m³



CAPITULO 3

ESTUDIO TOPÓGRÁFICO

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se contextualizará sobre la topografía que se encuentra en esta región del país, más precisamente dentro de la cuenca del río Tragadero, y además se desarrollará el trabajo batimétrico realizado para obtener la sección del cauce del río Tragadero, en su intersección con la RNN°11, la cual resulta ser la sección en estudio en este trabajo

La información expresada en este apartado, referida a la topografía, fue extraída de la Tesis Doctoral presentada por Patricia Perla SNAIDER FORLÍN, titulada: Estructura, Dinámica y características del paisaje en áreas representativas de la cuenca del río Tragadero en la provincia del Chaco (Argentina): aplicación de la metodología de la ecología del paisaje, por lo que se le atribuyen los derechos de autor.

TOPOGRAFÍA

La llanura chaqueña puede ser representada como una inmensa cuenca sedimentaria, formada a su vez por una secuencia de áreas deprimidas (cuenas, relieves negativos) y relieves positivos (dorsales, arcos, altos, lomos, domos). La pendiente general es muy escasa, entre 20 y 40 cm/km y tiene una inclinación hacia el SE (*FIG III.1*), por lo cual el escurrimiento y el drenaje tienen el mismo sentido.

Dicha inclinación del terreno es escasa, no sólo en la dirección general de escurrimiento de los cursos de agua, sino también dentro de la propia cuenca del Río Tragadero: es decir, existe poca diferencia de nivel entre las líneas divisorias de aguas y el colector principal.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

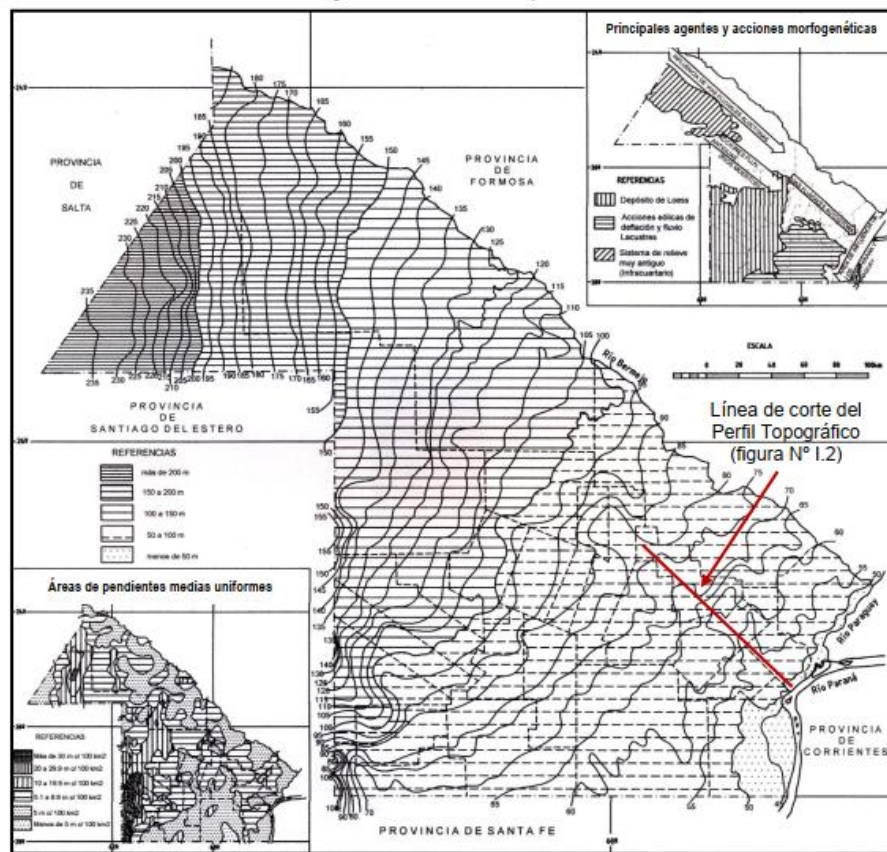


FIG III.1. Curvas de nivel y pendientes del Chaco - FUENTE: Atlas Geográfico de la Provincia del Chaco. Tomo I: El medio natural. Geográfica 5. Revista del Instituto de Geografía. Resistencia, 1987, plancha 4

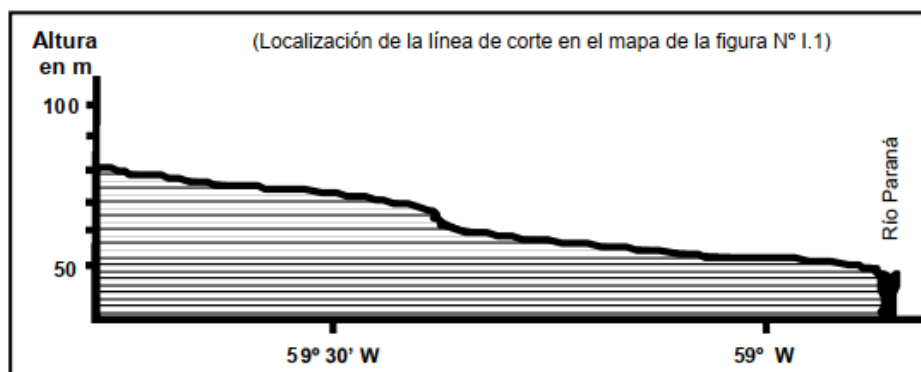


FIG III.2. Perfil topográfico de la cuenca del Río Tragadero – FUENTE: Tesis doctoral Estructura dinámica y características del paisaje en áreas representativas de la cuenca del río Tragadero en la provincia del Chaco (Argentina): Aplicación de la metodología de la ecología del paisaje. – Patricia Perla Snaider Forlin

En la figura N° 1.2 se puede observar un perfil siguiendo de manera aproximada el sentido de la pendiente. En él se advierte la topografía de la cuenca y se puede estimar que la cota más alta de la misma es de alrededor de los 85m. sobre el nivel del mar, en tanto que la cota inferior está dada por la planicie aluvial del valle del Paraná que se calcula en 47 o 48 m. sobre el nivel del mar, con lo cual el desnivel total de la cuenca es de 38 m. y, por consiguiente, su pendiente media es de 0,3 ‰ ó 0,03 %.

BATIMETRÍA

UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

Junto con personal de la Administración Provincial del Agua, se llevó a cabo una campaña de topografía con el objetivo de obtener el perfil batimétrico aguas arriba del actual puente emplazado sobre la ruta.

Para ello, lo que se realizó en primera medida fue programar la campaña, localizando en la herramienta Google Earth, la sección que se mediría para luego, a través de la página web del Instituto Geográfico Nacional, localizar cerca de la zona de estudio, puntos IGN de alta precisión, de manera de seleccionar un punto que sería tomado como base, y respecto del cual estarían referenciadas las coordenadas y elevaciones de los demás puntos.

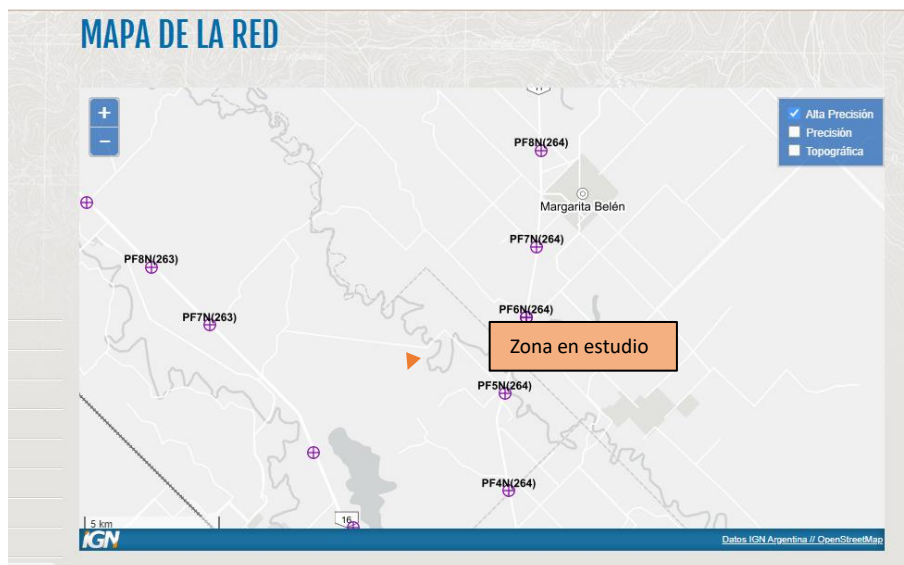


FIG III.3: Puntos Fijos. Fuente: <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Nivelacion/Mapa>

El punto con el que se trabajó fue el número 6 de la línea 264 (PF6N264) debido a la cercanía entre este y la sección en estudio, y además por la facilidad para acceder al mismo y colocar todo el equipo necesario para realizar el trabajo.

Las coordenadas de dicho Punto Fijo son $27^{\circ}17'59''$ S y $58^{\circ}59'29.52''$ O y su cota de elevación fue de 53.897m.

UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE Y RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO

El trabajo se realizó con un equipo GPS, con sistema GNSS, marca Trimble, cuyos modelos son TrimbleR8s + Controladora Trimble TSC3 que pertenece al organismo que acompañó en esta tarea. El modo de levantamiento utilizado fue el de RTK y registro, y la precisión que poseen estos aparatos en este modo es en Horizontal: ± 8 mm + 1 ppm y Vertical: ± 15 mm + 1 ppm

Una vez llegado al Punto Fijo seleccionado, se procedió a colocar los equipos GPS, antenas, y radios necesarios para poder inicializar el levantamiento topográfico.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FIG III.4: Equipos GPS Modo Base. FIG III.5: Punto Fijo PF6N° (264).

FUENTE: Elaboración propia

Una vez en la zona en estudio, se procedió a visualizar la sección del río aguas arriba y abajo del puente, notando como los anchos del cauce a ambos lados resultaban muy diferentes, y que aguas arriba el cauce del río era mucho más ancho que el que se presentaba aguas abajo. Además, se pudo observar también, las manchas del nivel de agua sobre las pilas del puente, las cuales resultan indicadoras de alturas extremas que habría alcanzado el río en toda su historia. Lamentablemente al no existir una escala hidrométrica instalada, no se pudo establecer la altura de esas marcas de agua, y a su vez con los equipos GPS disponibles no fue posible realizar esa medición.



FIG III.6: Marcas de agua en las pilas del puente – FUENTE: Elaboración propia

Se procedió a tomar puntos representativos del perfil del cauce, desde la altura del puente y bajando por los taludes laterales hasta llegar al cauce, y a tomar los valores de pelo de agua y de la sección, aprovechando que en este momento el río Tragadero se encuentra en un periodo de estiaje, lo cual posibilitó la realización de esta tarea. Se midieron aproximadamente 35 puntos, distribuidos aguas arriba y aguas abajo del actual puente. Cabe mencionar que aguas abajo del puente no se pudo cruzar el río debido a la profundidad que presentaba el mismo, por lo que se decidió trabajar únicamente con la sección medida aguas arriba, ya que fue la única sección posible de medir en casi su totalidad.



FIG III.7: Sección del Río Tragadero actual – FUENTE: Elaboración propia

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FIG III.8 y FIG III.9: Medición de puntos en el cauce – FUENTE: Elaboración propia

RESULTADOS

Luego en gabinete, con programas propios de los equipos se realizó el postproceso, que permite conocer con mayor exactitud las coordenadas Norte y Este de cada uno de los puntos medidos, como así también su elevación.

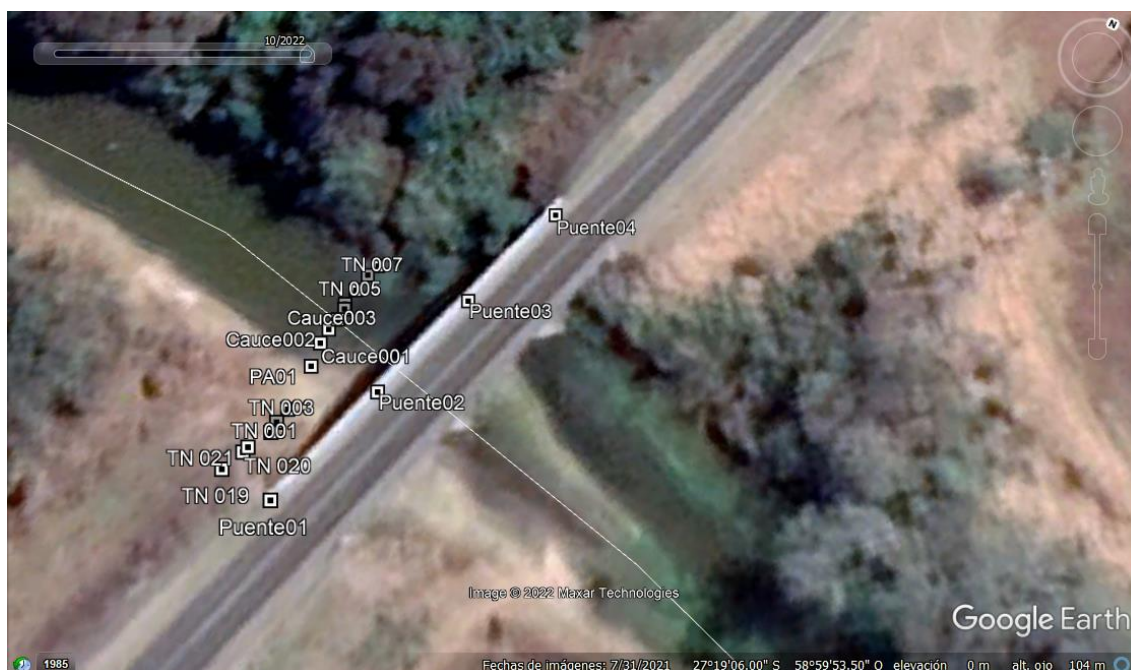


FIG III.10: Puntos relevados aguas arriba del puente – FUENTE: Elaboración propia

Como puede observarse en la imagen extraída del Google Earth, no se pudo completar con la topografía del cauce hasta la cubrir la totalidad de la longitud del puente, debido a la excesiva vegetación y arboleda que actualmente existe.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Por lo que, como el presente trabajo se encuentra a nivel de anteproyecto, se procedió a replicar el talud que, si se pudo medir, al otro lado de la sección, con el objetivo de obtener una sección total lo más cercana a la realidad. Cuando este análisis se encuentre en una etapa de proyecto, corresponde realizar el perfil batimétrico completo de la sección.

A continuación, se presenta la tabla con las cotas medidas, y sobre las cuales, para determinar las alturas y la ubicación de cada una, se tomó como referencia el fondo del cauce.

Nomenclatura	Ubicación respecto del Fondo Cauce	Elevacion	Altura respecto del Fondo Cauce
Puente01	-21.638165	52.22	8.62
TN 019	-20.830729	48.60	5.00
TN 020	-18.237737	47.86	4.25
TN 021	-17.524562	47.57	3.97
TN 001	-15.028699	45.65	2.05
TN 002	-13.742629	44.96	1.36
TN 003	-11.930131	44.35	0.75
Cauce001	-3.446442	43.79	0.18
Cauce002	-1.532962	43.62	0.01
Cauce003	0	43.60	0.00
Cauce004	1.471487001	43.78	0.18
PA02	1.51185	43.90	0.29
TN 004	2.065734	44.21	0.61
TN 005	4.15257	44.62	1.02
TN 006	6.485732	45.19	1.59
TN 007	8.044996	45.92	2.32
TN 019*	18.936542	47.57	3.97
TN 020*	19.646542	47.86	4.25
TN 021*	22.236542	48.60	5.00
Puente04	23.036542	52.21	8.61

TABLA III.1: Datos de la sección medidos. – FUENTE: Elaboración propia

Con estos valores, se confeccionó el perfil del cauce, el cual será modelado en el estudio hidrológico del capítulo 4.

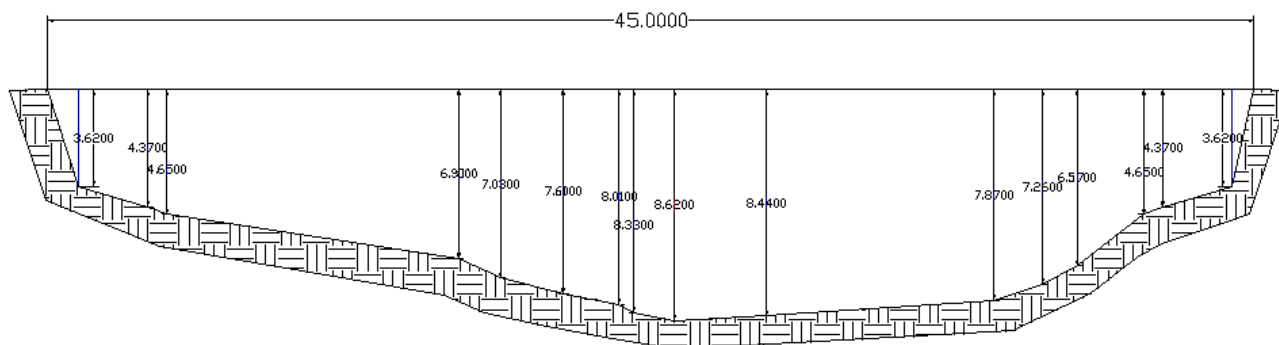


FIG III.11: Sección del Río Tragadero



CAPITULO 4

ESTUDIO HIDROLÓGICO

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrollará el estudio hidrológico realizado para determinar la altura del pelo de agua a alcanzar en la sección del Río Tragadero y La Ruta Nacional 11, cuando pasa un caudal de diseño, asociado a un tiempo de recurrencia de diseño

El mismo consta de un análisis de la cuenca que aportará a dicha sección, la determinación de su parteaguas, y la evaluación de las características físicas y parámetros de la misma. Se realizará un análisis de precipitación, teniendo en cuenta las estaciones cercanas ubicadas a la zona en estudio para obtener una tormenta de diseño asociado a un tiempo de recurrencia establecido para este tipo de obra. Dicha tormenta será evaluada en el modelo de lluvia-escurrimiento, con el objetivo de obtener un caudal que será modelado hidráulicamente, con el objetivo de establecer una altura respecto de la cual se colocarán las vigas.

Parte de la información expuesta, se extrajo de un informe de adecuación hidráulica realizada en el año 2000 para la Ruta Nacional N°11, realizado por la Consultoría Oscar Grimaux y Asociados S.A.T. También se utilizó información extraída de la TESIS DOCTORAL Estructura, dinámica y características del paisaje en áreas representativas de la cuenca del río Tragadero en la provincia del Chaco (Argentina), de la autora *Patricia Perla SNAIDER FORLÍN*. Además, se consultó el Estudio Hidrológico de Crecientes del Río Negro, realizado por el grupo de investigación del Departamento de Hidráulica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste. Se les atribuyen a todos los escritos, los correspondientes derechos de autor.

DESCRIPCIÓN HIDROGRÁFICA DE LA PROVINCIA DEL CHACO

“Debido a las características geológico-geomorfológicas, edáficas, y a las pluviométricas, en la región chaqueña se pueden observar dos áreas bien diferenciadas: una occidental, con escasas precipitaciones (inferior a los 700 mm al año) y atravesada solamente por ríos alóctonos –Pilcomayo, Teuco-Bermejo- que nacen en la cordillera andina y se alimentan de las lluvias orográficas; y una oriental, más lluviosa (superiores a 1300 mm) y surcada por numerosos ríos, riachos y arroyos, sistemas autóctonos y de curso meandroso, que desbordan sus aguas formando esteros, bañados y cañadas y que terminan escurriendo en el gran colector Paraná-Paraguay. Los ríos alóctonos atraviesan la planicie chaqueña donde experimentan una marcada inestabilidad, no sólo del caudal sino también de sus cauces. Los sucesivos cambios de curso, resultado de procesos de colmatación o de taponamiento, dan lugar a la formación de amplios abanicos aluviales. Por el contrario, los ríos autóctonos se manifiestan claramente en el Chaco Húmedo y son muy estables. Por tener escasos caudales y muy baja carga sedimentaria prácticamente no presentan procesos de colmatación y sus cauces no migran lateralmente (Herrera et al., 2007).

El Río Tragadero forma parte de la red fluvial autóctona de la provincia chaqueña y, a su vez, es tributario de uno de los grandes colectores del oriente provincial, en este caso, el Río Paraná. Sus aguas llegan a este último a través del Riacho Barranqueras, brazo del Paraná que se forma al oeste de la Isla Santa Rosa. En este sentido, y siguiendo a Neiff (1986b, p. 1), la dinámica del escurrimiento en el Oriente Chaqueño es clave para comprender el funcionamiento del paisaje de llanura.” [SNAIDER FORLÍN, 2021]

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA DEL RÍO TRAGADERO

Al oeste de esta subcuenca se extiende la del Arroyo Quintana, que nace en el Estero Sarandí, continúa con el Arroyo del mismo nombre hasta la laguna Cambá, y desde allí, nuevamente como curso, recibiendo finalmente a la subcuenca de El Embalsadito.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

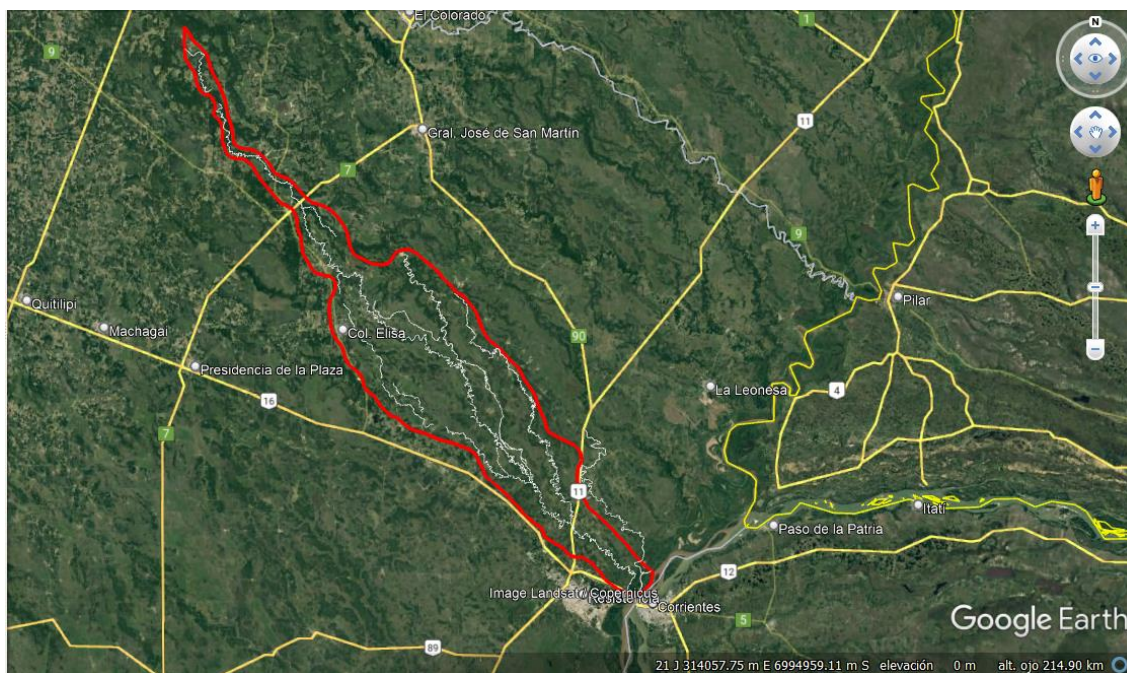


FIG IV.2: Cuenca del Río Tragadero digitalizada. - FUENTE: Administración Provincial del Agua

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE APOORTE A LA SECCIÓN EN ESTUDIO

Teniendo presente el parteaguas de la cuenca del Río Tragadero, se procedió a delimitar la verdadera área de aporte de la sección en estudio. Para ello, en primera medida, se identificaron las múltiples alcantarillas y puentes que se encuentran emplazadas sobre el tramo de la Ruta Nacional 11 que queda delimitado por el parteaguas de la cuenca, y que representan puntos de salida y pasos de agua de la Cuenca del río Tragadero y cuyas zonas de influencia no aportan a la zona en estudio.

N°	Progresiva	Tipo	N° luces	Ancho L	Altura H	Observaciones
1	31626.00	H° A°	2	2.00	1.80	Inicio cuenca Tragadero
2	31731.00	H° A°	2	2.90	1.90	
3	34511.00	H° A°	1	3.00	2.60	
4	35411.00	H° A°	3	15	Variable	Puente sobre Río TRAGADERO
5	35931.00	H° A°	1	2.80	2.55	
6	38461.00	H° A°	1	10.50	3.50	Puente sobre Arroyo Carolí
7	40111.00	H° A°	1	1.50	1.50	
8	41451.00	H° A°	3	1.50	1.50	
9	41861.00	H° A°	3	1.50	1.50	Final de proyecto

TABLA IV.1: Alcantarillas y Puentes Relevados sobre RNN°11, dentro de la Cuenca del Río Tragadero. - FUENTE: Adecuación Hidráulica realizada por Consultoría Oscar Grimaux y Asociados S.A.T.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

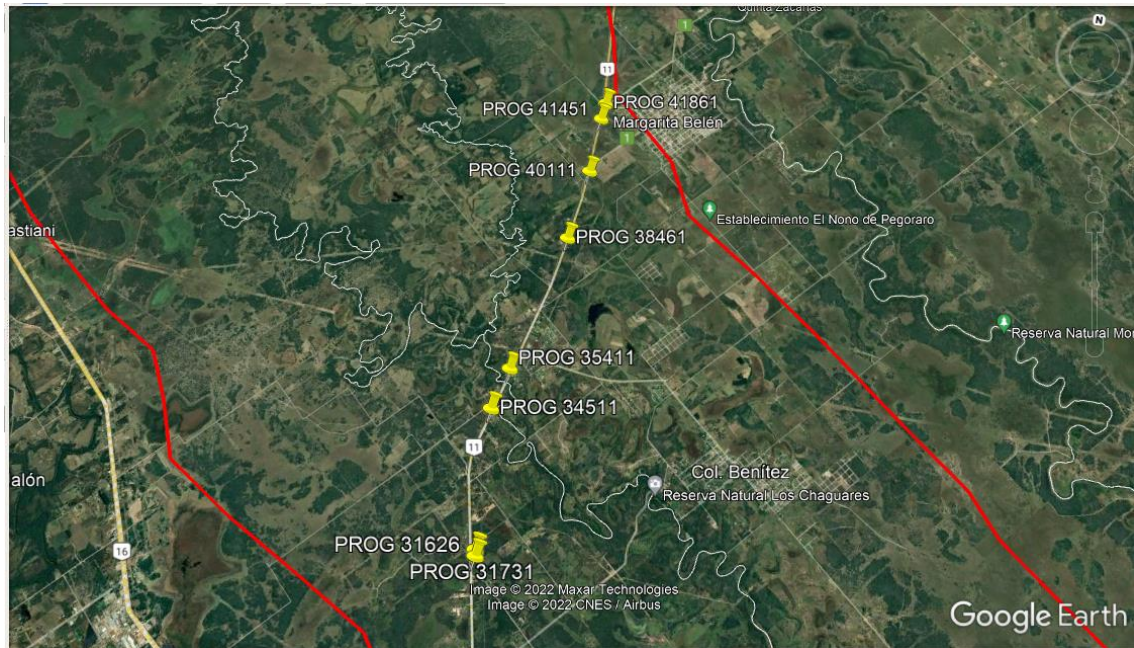


FIG IV.3: Ubicación de las Alcantarillas y puentes relevados. - FUENTE: Elaboración Propia

Luego se procedió a buscar imágenes satelitales que estén asociadas a precipitaciones importantes que fueron registradas en la región, y con las cuales se delimitará el área de aporte de la subcuenca. Se analizaron precipitaciones máximas en 5 días y en 30 días, con el objetivo de poder conseguir imágenes que reflejen el comportamiento de la cuenca, incluso frente a un estado de humedad alcanzado por una precipitación antecedente.

Debe resaltarse que se optó por esta metodología de trabajo para delimitar la cuenca, ya que no se contaba con datos topográficos que permitieran delimitar el parteaguas correctamente, y como el presente trabajo se encuentra en carácter de anteproyecto, consideramos válido proceder de esta manera.

Las imágenes satelitales seleccionadas fueron las correspondientes al día 17 de enero de 2019, que fue tomada con un satélite Sentinel-2, las cuales cubrían toda el área de aporte, y una imagen del 7 de marzo de 1986, obtenida con un satélite Landsat 5, la cual cubría parcialmente la zona en estudio. Se eligieron ambas fechas, con el objetivo de poder ver reflejado, el cambio en el uso del suelo que sufrió la misma a lo largo de los años, y el impacto que esto tuvo frente a las precipitaciones. Además, en la imagen de 1986 se puede detectar zonas de montes, que bien hoy en día podrían encontrarse desforestadas, pero de igual forma reflejan zonas altas, lo cual resultaría otro indicativo para delimitar el parteaguas de la cuenca.

A ambas imágenes se les realizó una composición de bandas RGB teniendo en cuenta las bandas correspondientes para cada satélite (Satélite Centinel-2: 8A-11-4 y para El Satélite Landsat 5 b4-b5-b6). Este tipo de composición nos permite resaltar con mayor claridad las zonas húmedas, anegadas o con presencia de agua, y observar el comportamiento hidrográfico de la cuenca frente a excesos superficiales

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

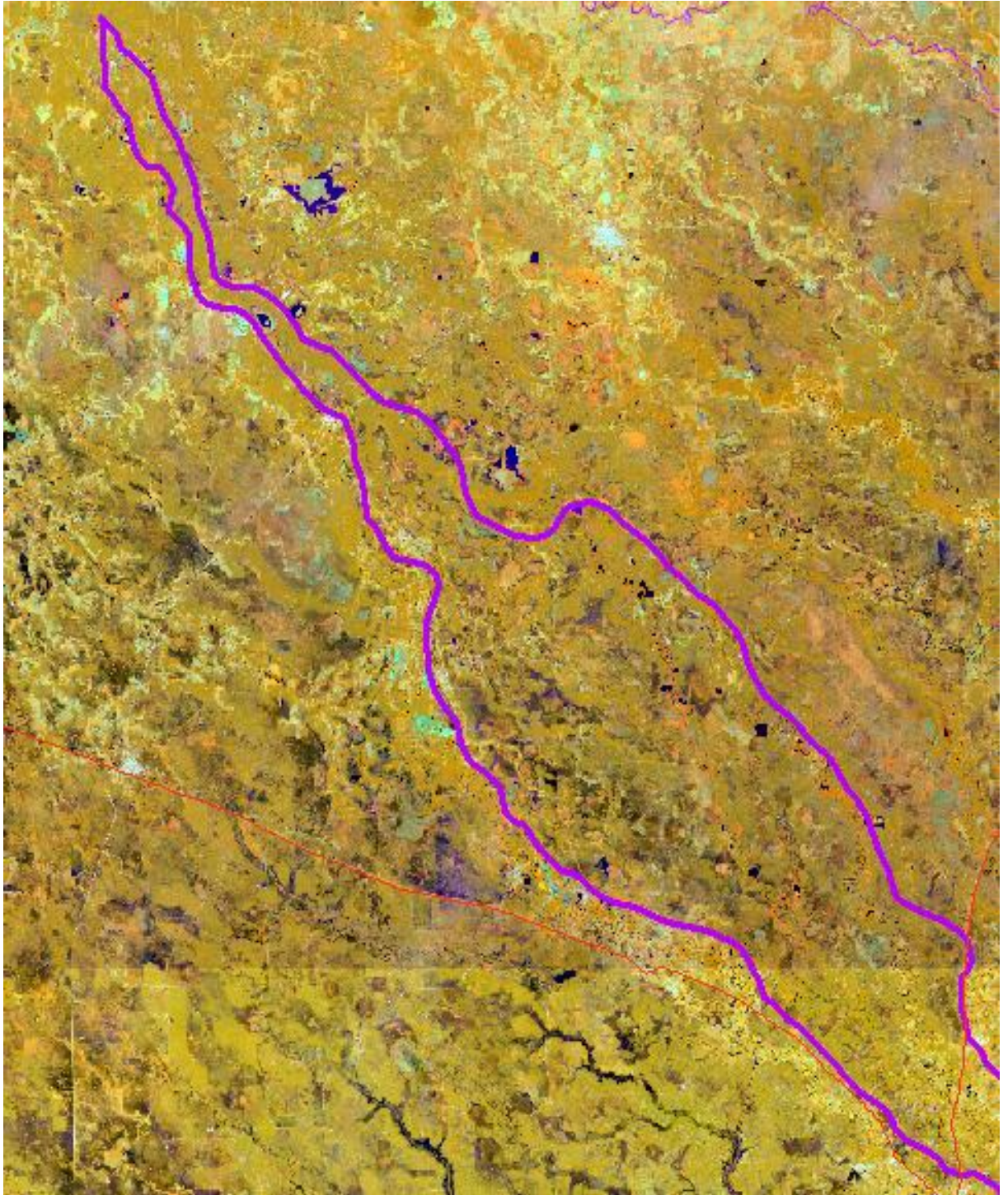


FIG IV.4: Cuenca del Río Tragadero con la imagen satelital del 2019. - FUENTE: Elaboración Propia

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FIG IV.5: Cuenca del Rio Tragadero con la imagen satelital del 2019. - FUENTE: Elaboración Propia

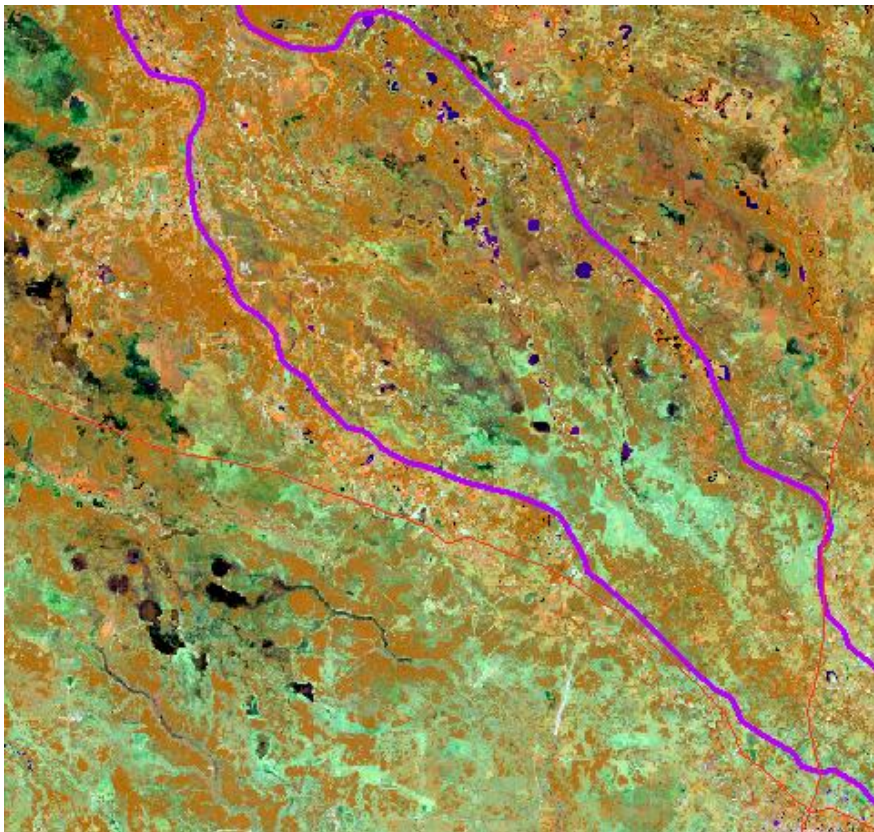


FIG IV.6: Cuenca del Rio Tragadero con la imagen satelital del 1986. - FUENTE: Elaboración Propia.

Para delimitar el área de aporte a la sección en estudio, se observó por cuales, salidas de la cuenca, sobre la Ruta Nacional 11 (alcantarillas y puentes) erogaron las distintas zonas que formaban parte de la Cuenca del Rio Tragadero, con el objetivo de descartar del área de estudio, las que eran evacuadas por las mismas.

Así en la imagen III.7 se puede observar zonas de inundación, en el sector Este del parteaguas, que no llegan a la sección de estudio, ya que se observó que los excesos generados eran evacuados por alcantarillas ubicadas en la ruta que se encontraban en esa zona. Por lo que las mismas fueron descartadas. Con el mismo criterio, se descartó las zonas al Sur Oeste, ya que se consideró que el cauce que puede divisarse en esa sección, tampoco aporta.

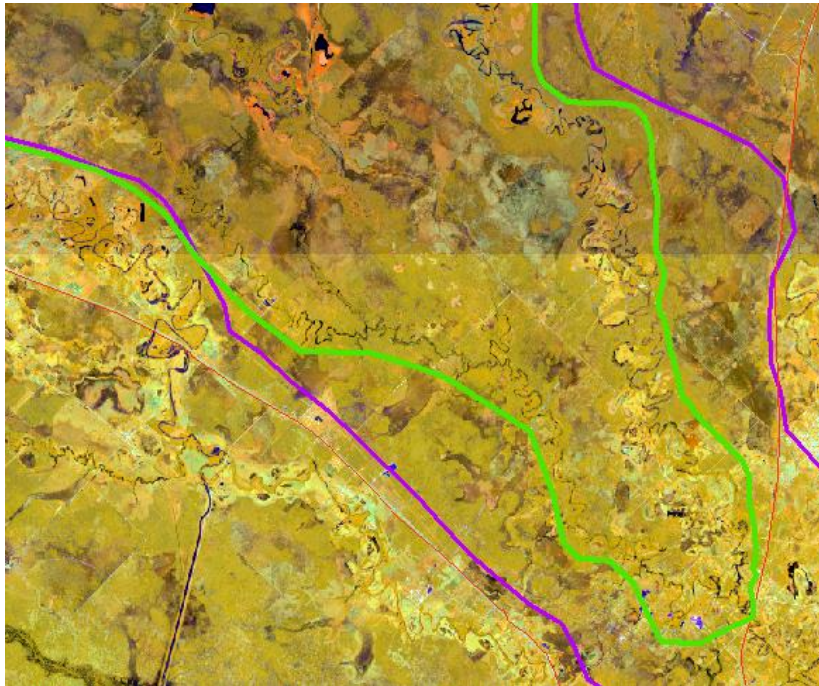


FIG IV.7: Salida de Subcuenca de aporte delimitada. - FUENTE: Elaboración Propia.

En la cabecera del parteaguas, también se definió hasta donde se evaluaría la cuenca delimitada. Se pudo apreciar una discontinuidad en el flujo, por lo que se asumió e interpretó que el agua proveniente de la subcuenca alta del Rio Tragadero, descargaría sus excesos en unos embalses, sin aportar a la subcuenca en estudio. Esto se puede apreciar en la imagen IV.8 de este capítulo.

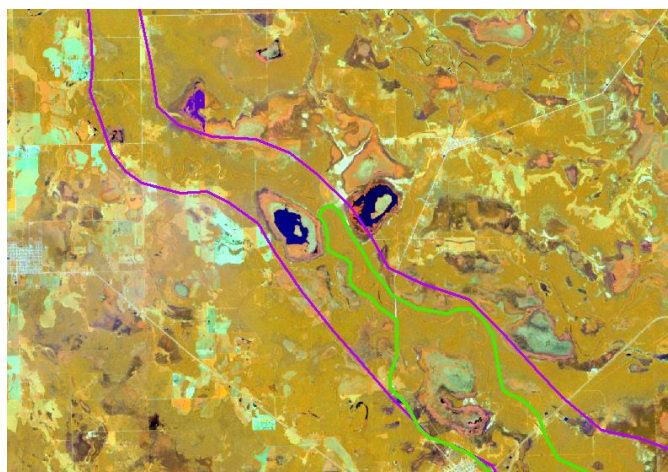


FIG IV.8: Cabecera de Subcuenca de aporte delimitada. - FUENTE: Elaboración Propia

Luego de delimitar esa área, se midió la superficie total con herramientas de programa utilizado, dando por resultado un área de 1576 ha.

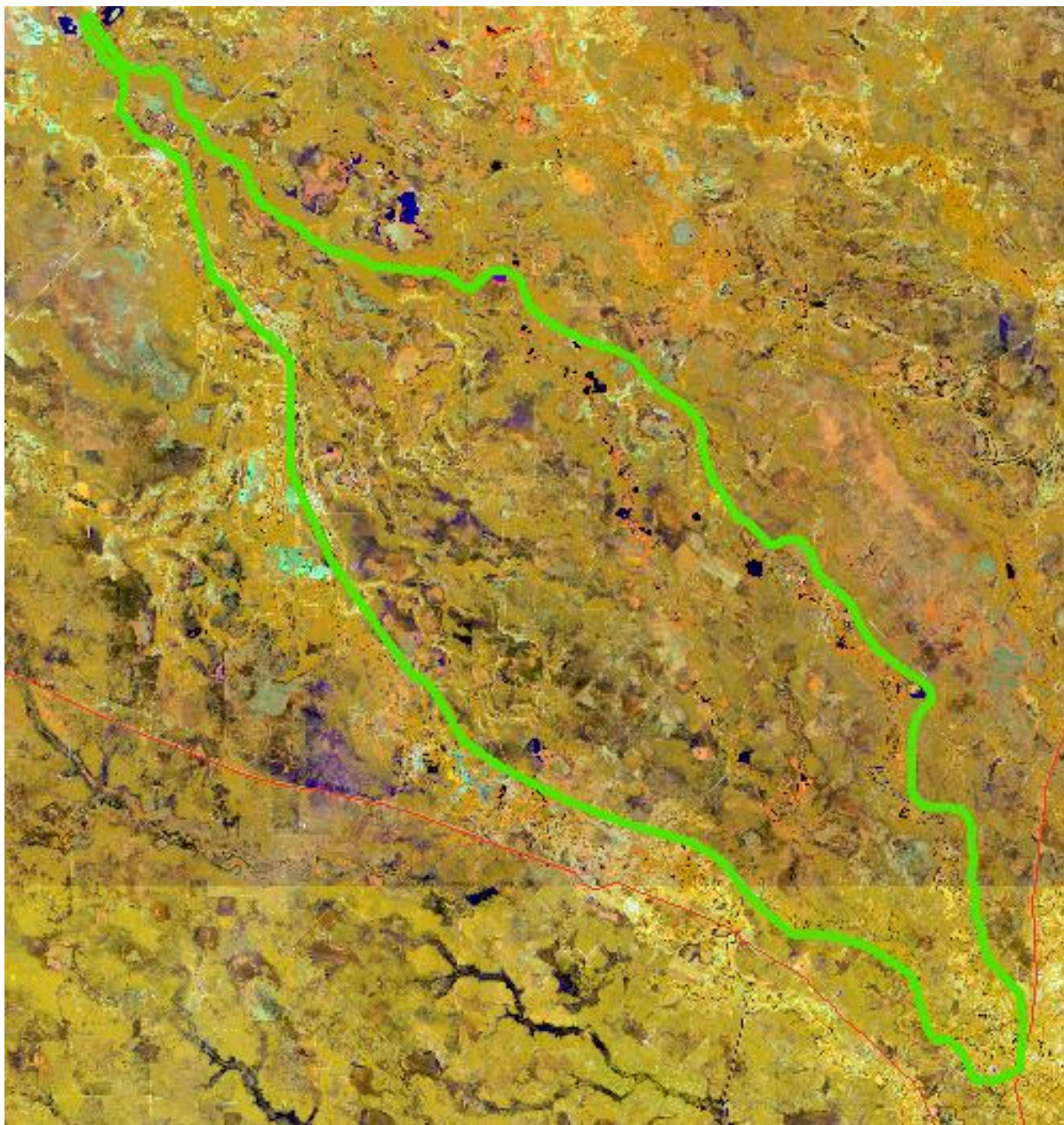


FIG IV.9: Subcuenca de aporte delimitada. - FUENTE: Elaboración Propia.

DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE APOORTE

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración refleja el tiempo que tarda el agua, desde el punto más alejado aguas arriba, ubicado en la cabecera de la cuenca, en llegar al punto de salida de la misma. Para poder determinar este valor, que resultara de gran importancia para comprender el comportamiento de la cuenca, se trabajó con diferentes fórmulas teóricas, tratando de elegir aquella que resulte lo más representativa posible de la cuenca.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Kirpich (1940)	$t_c = 0.0078L^{0.77}S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, pies S = pendiente promedio de la cuenca, pies/pie	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{100 L^{0.8} [(1,000/CN) - 9]^{0.7}}{1,900 S^{0.5}}$ L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), pies CN = número de curva SCS S = Pendiente promedio de la cuenca, %	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 2,000 acres; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca.

FIG IV.10: Formulas del Tiempo de Concentración. - FUENTE: Hidrología Aplicada, Ven te Chow, Maidment & Mays..

Para ello fue necesario, previamente, determinar los valores de los parámetros que involucra cada una de las fórmulas:

- Para determinar la longitud del cauce, se trabajó con información digitalizada y suministrada por la Administración Provincial del Agua y cuyo valor es de 243km.
- Para obtener la pendiente, como no se cuentan con datos topográficos de la cabecera de la cuenca, se trabajó con datos del Instituto Geográfico Nacional, localizando puntos fijos que se encontraran cercanos al parteaguas, y se trabajó con ese valor topográfico. El Punto fijo tomado como referencia fue el PF37N el cual presenta una cota de 75.817m. Para obtener un punto aguas abajo de la cuenca se trabajó con los datos topográficos obtenidos del trabajo de batimetría realizado, dando un valor de aproximado a 48m. Se trabajó con un desnivel de 27m. y Se calculó el valor de la pendiente haciendo la relación entre la diferencia de la altura y la longitud del cauce. El valor de la pendiente promedio dio 0.00011 m/m
- El valor de CN adoptado para la cuenca es 60 para una condición de humedad II. Este valor fue adoptado del estudio hidrológico realizado por la consultoría Oscar Grimaux y Asociados, y se decidió considerarlo como válido para una primera aproximación de este parámetro.

Teniendo en cuenta estos valores, se calculó el tiempo de concentración con las expresiones anteriormente expuestas:

Fórmula de Kirpich

$$0.0078 * (805192.968 \text{ pies})^{0.77} * 0.00011^{-0.385} = 9198.16 \text{ min}$$

Representa el equivalente a 153.30 hs= 6.4 días

Ecuación de Retardo del SCS

$$\frac{100 * 805192.968 \text{ pies}^{0.8} * \left[\left(\frac{1000}{60} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1900 * 0.00011^{0.5}} = 6349.2 \text{ min}$$

Representa el equivalente a 105.82 hs=4.41 días

Habiendo evaluado el rango de valores para el tiempo de concentración, se decidió adoptar un tiempo de concentración de 5 días como representativo para la cuenca en estudio.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

DEFINICIÓN DEL TIEMPO DE RECURRENCIA

Frente a la importancia e impacto que tiene una obra civil en la vida de las personas y el bienestar de la sociedad, es necesario evaluar cada una de las partes componentes de la misma, y como los fenómenos sobre los cuales el ser humano no tiene control, pueden llegar a afectar el funcionamiento de la obra y la vida de las personas.

Es necesario definir acorde a la importancia de la obra, un tiempo de recurrencia para los eventos críticos, de manera tal que el diseño de la misma esté preparado para enfrentar crecidas con un gran impacto y que, de no ser tenidas en cuenta, pondrían en riesgo el servicio de la estructura y el bienestar de la sociedad.

Para ello se definió el Tiempo de recurrencia, teniendo en cuenta lo recomendado por la normativa AASHTO en su "Carta Para la Selección del Tiempo de Recurrencia de diseño según la ASSHTO 1979"

PARÁMETRO	CALIFICACIÓN		
	1	2	3
Daño a las propiedades	Bajo	Medio	Alto
Daño al camino	Bajo	Medio	Alto
Pérdidas potenciales de vida	Bajo	Medio	Alto
Altura de terraplén	< 6 m	6 m a 15 m	> 15 m
Costo de construcción	Bajo	Medio	Alto
T.P.D.A.	< 100	100 m a 750 m	> 750 m
Rutas alternativas	Si	Mala calidad	No
Sección de camino inundado	Si	Eventualmente	No
Q. Reg. Mayores que el Q para TR = 50	Ninguno	Uno	Varios
Valor estratégico	No	No	Si
Efecto sobre la economía local	Bajo	Medio	Alto

PROMEDIO PONDERADO DE LA CALIFICACIÓN ⁽¹⁾	RANGO DEL TIEMPO DE RECURRENCIA PARA DISEÑO (años)
1	10 - 25
2	25 - 50
3	50 - 100

Teniendo en cuenta el grado de importancia de la ruta, que consideramos en clase 3, se consideró realizar el análisis de los fenómenos que afectan a la obra para un tiempo de recurrencia 50 años.

ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Para poder determinar el caudal de diseño, podría optarse por hacer un análisis estadístico de datos de caudales que fueran aforados en la sección de estudio, pero al no contar con datos históricos de caudales, ni tampoco aforos, se optó por realizar un análisis estadístico de precipitación, y a través de un modelo de transformación lluvia caudal, obtener un caudal que este asociado a una precipitación diaria máxima anual, de un tiempo de recurrencia de diseño acorde a la estructura.

PRECIPITACIONES

Para poder determinar la precipitación máxima anual asociada al tiempo de recurrencia definido, se trazaron distintas configuraciones de polígonos de Thiessen, para poder atribuirle una distribución espacial a las precipitaciones generadas sobre la cuenca.

Para ello se tuvo en cuenta las estaciones que están incluidas dentro de la Cuenca del rio Tragadero, las cuales son Colonia Benítez, Colonia Elisa, Capitán Solari y Margarita Belén. Observando la información disponible, la cual fue facilitada por la Administración Provincial del Agua, se optó por descartar la estación de Margarita Belén, e incluir a la estación de Colonias Unidas, ya que la misma es una estación que se encuentra cercana a la cuenca y, además, la información disponible de esta estación, se ajusta mejor al análisis que se pretende abordar.

Mediante herramientas del programa Arcgis se obtuvieron las diferentes distribuciones:

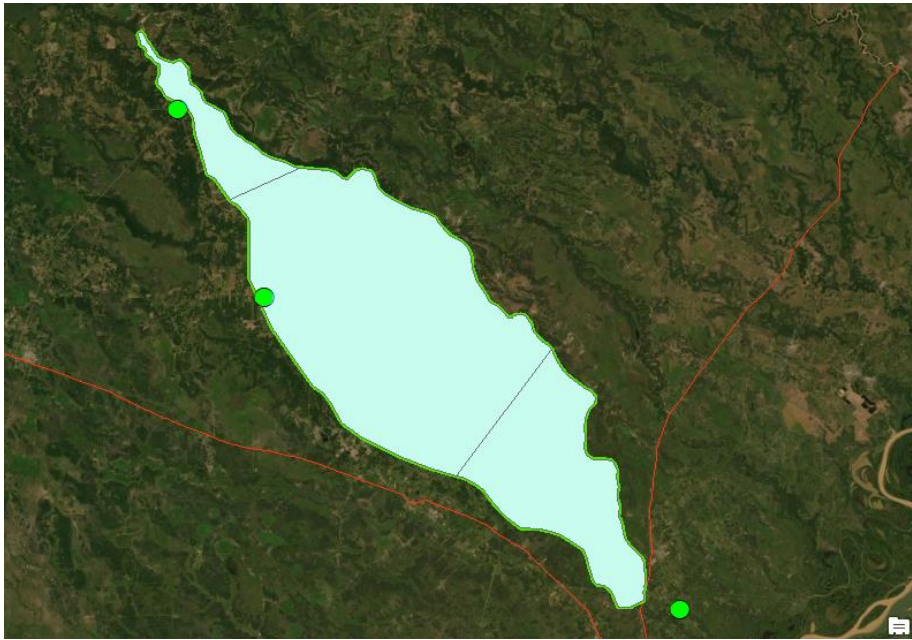


FIG IV.11: Configuración 1. Polígonos de Thiessen teniendo en cuenta las estaciones de Colonia Benítez, Colonia Elisa y Colonias Unidas. –
FUENTE: Elaboración propia.

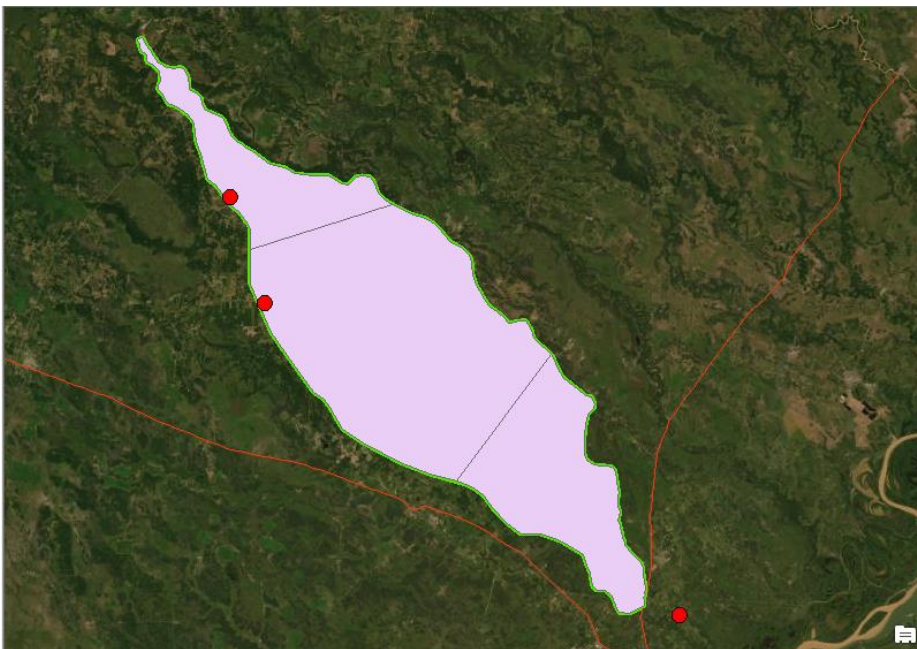


FIG IV.12: Configuración 2. Polígonos de Thiessen teniendo en cuenta las estaciones de Colonia Benítez, Colonia Elisa y Capitán Solari. –
FUENTE: Elaboración propia.

Se decidió considerar a la configuración 1 como representativa de la cuenca en estudio, debido a que la estación de Capitán solari, presentaba datos históricos que no se ajustaban al estudio estadístico que se desarrollará más adelante.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENÍTEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Estación Pluviométrica	Área (ha)	%
Colonia Benítez	38986.15	25%
Colonia Elisa	107093.88	68%
Colonia Unidas	11382.04	7%

TABLA IV.2: Porcentajes de influencia de las estaciones analizadas en el área de aporte. – FUENTE: Elaboración propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES

Para poder determinar la precipitación diaria máxima anual para un tiempo de recurrencia de 50 años, se procedió a construir la serie de máximos precipitados en 5 días para la estación de Colonia Elisa ya que es la estación pluviométrica de mayor peso en la cuenca. La misma cuenta con un registro pluviométrico desde 1954/1955 hasta 2020/2021. Los datos de precipitaciones diarias fueron suministrados por la Administración Provincial del Agua. Es importante resaltar que, de alguna manera, se está buscando comprender un fenómeno que ocurre desde hace miles de años, y que la única forma de poder hacerlo es trabajando con una serie de valores confiables de precipitación lo más extensa que se pueda conseguir. Es por eso que, dentro de la longitud de la serie, se decidió trabajar con los últimos 50 valores, ya que es una cantidad mínima que podría llegar a reflejar el comportamiento del fenómeno hidrológico de la precipitación que se está estudiando.

Año Hidrológico	p(mm)	Tormenta	
1970/1971	139	31 de diciembre de 1970	04 de enero de 1971
1971/1972	85	09 de febrero de 1972	13 de febrero de 1972
1972/1973	143	28 de mayo de 1973	01 de junio de 1973
1973/1974	155	03 de octubre de 1973	07 de octubre de 1973
1974/1975	258	01 de noviembre de 1974	05 de noviembre de 1974
1975/1976	226	01 de marzo de 1976	05 de marzo de 1976
1976/1977	287	01 de enero de 1977	05 de enero de 1977
1977/1978	176	01 de diciembre de 1977	05 de diciembre de 1977
1978/1979	78	07 de marzo de 1979	11 de marzo de 1979
1979/1980	103	07 de abril de 1980	11 de abril de 1980
1980/1981	165	13 de enero de 1981	17 de enero de 1981
1981/1982	102	11 de febrero de 1982	15 de febrero de 1982
1982/1983	360	01 de mayo de 1983	05 de mayo de 1983
1983/1984	258	28 de marzo de 1984	01 de abril de 1984
1984/1985	302	21 de marzo de 1985	25 de marzo de 1985
1985/1986	270	31 de marzo de 1986	04 de abril de 1986
1986/1987	160	19 de febrero de 1987	23 de febrero de 1987
1987/1988	155	13 de enero de 1988	17 de enero de 1988
1988/1989	130	02 de marzo de 1989	06 de marzo de 1989
1989/1990	205	12 de abril de 1990	16 de abril de 1990
1990/1991	189	28 de octubre de 1990	01 de noviembre de 1990
1991/1992	95	27 de octubre de 1991	31 de octubre de 1991
1992/1993	127	29 de diciembre de 1992	02 de enero de 1993
1993/1994	95	30 de mayo de 1994	03 de junio de 1994
1994/1995	214	03 de marzo de 1995	07 de marzo de 1995
1995/1996	135	26 de enero de 1996	30 de enero de 1996

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1996/1997	225	05 de febrero de 1997	09 de febrero de 1997
1997/1998	205	21 de abril de 1998	25 de abril de 1998
1998/1999	135	23 de noviembre de 1998	27 de noviembre de 1998
1999/2000	169	29 de enero de 2000	02 de febrero de 2000
2000/2001	150	14 de octubre de 2000	18 de octubre de 2000
2001/2002	278	24 de enero de 2002	28 de enero de 2002
2002/2003	150	20 de diciembre de 2002	24 de diciembre de 2002
2003/2004	150	12 de diciembre de 2003	16 de diciembre de 2003
2004/2005	232	23 de noviembre de 2004	27 de noviembre de 2004
2005/2006	122	02 de junio de 2006	06 de junio de 2006
2006/2007	136	02 de abril de 2007	06 de abril de 2007
2007/2008	75	09 de octubre de 2007	13 de octubre de 2007
2008/2009	104	25 de octubre de 2008	29 de octubre de 2008
2009/2010	216	26 de noviembre de 2009	30 de noviembre de 2009
2010/2011	252	02 de diciembre de 2010	06 de diciembre de 2010
2011/2012	110	09 de noviembre de 2011	13 de noviembre de 2011
2012/2013	92	26 de noviembre de 2012	30 de noviembre de 2012
2013/2014	270	14 de marzo de 2014	18 de marzo de 2014
2014/2015	111	22 de mayo de 2015	26 de mayo de 2015
2015/2016	162	24 de junio de 2016	28 de junio de 2016
2016/2017	200	04 de abril de 2017	08 de abril de 2017
2017/2018	196	18 de enero de 2018	22 de enero de 2018
2018/2019	276	06 de enero de 2019	10 de enero de 2019
2019/2020	100	26 de abril de 2020	30 de abril de 2020
2020/2021	91	16 de marzo de 2021	20 de marzo de 2021

TABLA IV.3: Serie estadística de máximos anuales en 5 días de la estación Colonia Elisa. – FUENTE: Elaboración propia.

Luego se procedió a construir las series de precipitación diaria máxima en 5 días para las estaciones de Colonia Benítez y Colonias Unidas, teniendo en cuenta las fechas en las que ocurrieron las tormentas de la serie de Colonia Elisa. Fue necesario determinar los valores de precipitación asociados a las fechas establecidas en la mencionada estación, para poder afectarlas por los coeficientes de Thiessen, ya que los mismos deben ser aplicados a tormentas producidas de manera simultánea, es decir, que hayan sido generadas por el mismo evento.

Se optó por realizar el análisis de esta manera, con el objetivo de obtener una serie de valores de precipitación que resulte representativa para toda la cuenca, buscando no sobrestimar los valores la precipitación, ya que esto derivaría en un sobredimensionamiento, situación que se nos presentaría si se optase por considerar a la estación de mayor preponderancia (Colonia Elisa en este caso) como representativa de toda la cuenca.

Año Hidrológico	Colonia Benitez Precip (mm)	Colonia Unidas precip(mm)
1970/1971	20.3	98
1971/1972	24.1	30
1972/1973	76.8	155
1973/1974	0	100
1974/1975	0	30

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1975/1976	98	0
1976/1977	31.5	103
1977/1978	73	120
1978/1979	78	80
1979/1980	69	43
1980/1981	120	100
1981/1982	90	96
1982/1983	225	178
1983/1984	162	214
1984/1985	200	122
1985/1986	189	155
1986/1987	236	180
1987/1988	35	73
1988/1989	80	191
1989/1990	67	37
1990/1991	250	204
1991/1992	75	140
1992/1993	120	72
1993/1994	67	85
1994/1995	185	180
1995/1996	153	120
1996/1997	196	157
1997/1998	272	112
1998/1999	85	78
1999/2000	150	129
2000/2001	87	77
2001/2002	179	89
2002/2003	68	33
2003/2004	127	60
2004/2005	122	114
2005/2006	97	62
2006/2007	115	122
2007/2008	71	30
2008/2009	130	83
2009/2010	130	200
2010/2011	185	94
2011/2012	134	78
2012/2013	95	55
2013/2014	117	140
2014/2015	89	160
2015/2016	194	162
2016/2017	147	200
2017/2018	185	148
2018/2019	155	146

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENÍTEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2019/2020	34	69
2020/2021	75	25

TABLA IV.4: Serie estadística de máximos anuales en 5 días de la estación Colonia Benítez y Colonia Unidas. – FUENTE: Elaboración propia.

Con las tres series definidas, se procedió a aplicar los coeficientes de Thiessen determinados, a cada una de las series, obteniendo así una serie resultante de valores a la cual se le aplicaría el análisis estadístico correspondiente.

Año Hidrológico	Año	Precip (mm)
1970/1971	1970	106.6
1971/1972	1971	65.9
1972/1973	1972	127.4
1973/1974	1973	112.6
1974/1975	1974	177.6
1975/1976	1975	177.9
1976/1977	1976	210.4
1977/1978	1977	146.4
1978/1979	1978	78.1
1979/1980	1979	90.2
1980/1981	1980	149.1
1981/1982	1981	98.6
1982/1983	1982	313.3
1983/1984	1983	231.0
1984/1985	1984	263.6
1985/1986	1985	241.5
1986/1987	1986	180.2
1987/1988	1987	119.3
1988/1989	1988	122.0
1989/1990	1989	158.6
1990/1991	1990	205.1
1991/1992	1991	93.3
1992/1993	1992	121.2
1993/1994	1993	87.3
1994/1995	1994	204.3
1995/1996	1995	138.3
1996/1997	1996	212.8
1997/1998	1997	214.8
1998/1999	1998	118.5
1999/2000	1999	161.3
2000/2001	2000	129.1
2001/2002	2001	239.7
2002/2003	2002	121.2
2003/2004	2003	137.8
2004/2005	2004	196.2

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2005/2006	2005	111.4
2006/2007	2006	129.7
2007/2008	2007	70.7
2008/2009	2008	108.9
2009/2010	2009	193.5
2010/2011	2010	223.9
2011/2012	2011	113.6
2012/2013	2012	90.0
2013/2014	2013	222.6
2014/2015	2014	109.1
2015/2016	2015	169.9
2016/2017	2016	186.8
2017/2018	2017	189.7
2018/2019	2018	236.6
2019/2020	2019	81.4
2020/2021	2020	82.2

TABLA IV.5. Serie estadística de precipitaciones diarias máximas anuales en 5 días para toda la cuenca. –

FUENTE: Elaboración propia.

Esta última serie determinada, fue evaluada a través del programa AFMULTI, que permite realizar análisis estadísticos con diferentes modelos de probabilidad, y obtener así el que mejor se ajuste a la serie. Se realizó el análisis con los métodos de LOG GAUSS, GUMBEL, GEV Y PEARSON, siendo los métodos adecuados para la evaluación de valores máximos. Se centró el análisis para una precipitación asociada a un tiempo de recurrencia de 50 años, es decir con una probabilidad de ocurrencia de 0.02

ESTUDIO ESTADISTICO DE : Analisis estadístico de Precipitación Máxima en 5 días para la cuenca de aporte						
Serie:	Prec	Estadísticos	Copiar	Graficar	Guardar .sal...	Abrir .sal...
AÑO INICIAL: 1970 AÑO FINAL: 2020						
CANTIDAD DE VALORES: 51						
VARIABLE ORIGINAL (X):						
MEDIA	DESUDIO	COEF. ASIMETRIA	COEF. VARIACION	COEF. ASIM/VARI	COEF. CURTOSIS	
154.3	57.95	0.52	0.3755	1.39	2.40	
MOMENTOS PONDERADOS:						
MW1	MW2	MW3	MW4	MGEV1	MGEV2	MG1
60.51	35.50	24.56	18.56	93.83	68.82	60.64
VALORES EXTREMOS:						
MAXIMO	MINIMO	RANGO	MAXIMA	MINIMA	MIN-MAX	MAX-MIN
313.	66.	247.	2.030	0.427	0.210	4.754
ESTIMADORES DE LOS PARAMETROS:						
DISTRIBUCION	P A R A M E T R O S					
LOGGAUSS	Xm=0.154337265E+03 S=0.579481964E+02					
GUMBEL	AG=0.476937218E+02 GM=0.126808449E+03					
GEV	AGEV=0.508704605E+02 UGEV=0.128066162E+03 G=0.650836304E-01					
PEARSON	MEDP=0.154337250E+03 DESP=0.621152191E+02 SKEW=0.125911140E+01					

FIG IV.13: Parámetros estadísticos de cada modelo evaluado. - FUENTE: Elaboración Propia

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ESTUDIO ESTADISTICO DE : Analisis estadístico de Precipitación Máxima en 5 días para la cuenca de aporte					
Serie: Prec	Bondad de ajuste	Copiar	Graficar	Guardar .sal...	Abrir .sal...
BONDAD DE AJUSTE					
	LOGGAUSS	GUMBEL	GEV	PEARSON	
KOLMOGOROFF:	AAA	AAA	AAA	AAA	
CHI-CUADRADO:	AAA	AAA	AAA	AAA	
ECMF:	0.0481	0.0415	0.0394	0.0377	
ECMV:	10.52	11.08	9.48	11.95	

FIG IV.14: Ajuste, Error cuadrático medio de la variable y error cuadrático medio de la frecuencia de cada uno de los métodos. - FUENTE: Elaboración Propia

ESTUDIO ESTADISTICO DE : Analisis estadístico de Precipitación Máxima en 5 días para la cuenca de aporte					
Serie: Prec	Vals de la var p/dist probabs	Copiar	Graficar	Guardar .sal...	Abrir .sal...
VALORES DE LA VARIABLE PARA DISTINTAS PROBABILIDADES					
PROBABILIDAD	LOGGAUSS	GUMBEL	GEV	PEARSON	
0.0200	304.6	312.9	303.4	319.0	

FIG IV.15: Valores de precipitación para un tiempo de recurrencia de 50 años para cada uno de los métodos estudiados. – FUENTE: Elaboración Propia

Observando los valores de error cuadrático medio de la variable y error cuadrático medio de la frecuencia, vemos que el modelo de GEV presenta menor valor en ambos errores, por lo tanto, consideramos al valor obtenido mediante este modelo, como representativo para el análisis, el cual será evaluada la tormenta de diseño.

El valor de precipitación diaria máxima anual en 5 días para un TR de 50 años es de 303.4mm

TORMENTA DE DISEÑO

Para poder determinar la tormenta a modelar mediante un programa de transformación lluvia-escorrentía con el objetivo de obtener el caudal, se procedió a seleccionar tormentas candidatas reales que hayan ocurrido, con volúmenes de precipitación similares al obtenido en el análisis estadístico.

La selección de la tormenta se realizó observando, en el registro pluviométrico disponible, aquellas que se hubieran producido y que hubieran sido registradas por la estación de Colonia Elisa, ya que la misma es la de mayor preponderancia sobre la cuenca.

La tormenta que más se aproxima, es la que se produjo el 21/03/1985-25/03/1985, la cual fue de 302mm. Se procedió a buscar en los datos proporcionados por la APA, y se encontró la distribución temporal que dio lugar a esta tormenta real, y la misma se consideró como tormenta de diseño.

Tiempo	precip(mm)
dia 1	0
dia 2	0
dia 3	2
dia 4	150
dia 5	150

TABLA IV.6: Hietograma de la tormenta adoptado. – FUENTE: Elaboración propia.

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2378	16/3/1985	19
2379	21/3/1985	2
2380	22/3/1985	150
2381	23/3/1985	150
2382	3/4/1985	50
2383	9/4/1985	30

FIG IV.16: Datos de la tormenta seleccionada. – FUENTE: Elaboración propia.

Como puede observarse, la tormenta real ocurrida fue ordenada con el objetivo de que los mayores volúmenes de precipitación se dieran los días cercanos al tiempo de concentración, con el objetivo de poder modelar la situación más crítica.

MODELACIÓN HIDROLÓGICA Y DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para poder determinar el caudal de diseño, se modeló la tormenta seleccionada con el programa HEC-HMS, que permite realizar transformaciones lluvia caudal, aplicando diferentes modelos. Para nuestro caso se seleccionó el modelo desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos, denominado método de la curva número (SCS)

El método del SCS, consiste en un hidrograma unitario sintético los cuales son utilizados en cuencas donde el problema principal es la ausencia de datos de escurrimiento, por lo que no se cuenta con aforos, situación que se nos presenta en el análisis de la sección en estudio.

Para estas situaciones, aparecen los hidrogramas unitarios sintéticos que se basan en obtener la respuesta de la cuenca ante la presencia de tormentas, utilizando las características físicas de la misma, considerando que esas características son invariables en el tiempo, pero que definen el comportamiento hidrológico de la cuenca, ya que el área, la pendiente de la cuenca y del cauce, su forma, son fundamentales para definir ese comportamiento.

Dentro del método del SCS, uno de los parámetros más importantes es el valor de Curva Numero, que está asociado al tipo y condiciones hidrológicas de suelo (su capacidad para infiltrar, su textura, etc.), a los usos del mismo, y a la condición de humedad antecedente de la cuenca que se estudia al momento de producirse la precipitación.

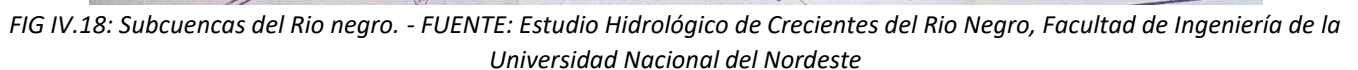
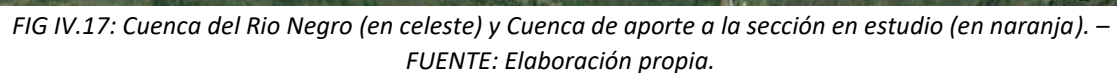
A mayor valor de CN, este resulta representativo de una cuenca con poca capacidad absorbente, por lo que, frente a una precipitación determinada, será mayor el volumen de escurrimiento directo de una cuenca con un CN más alto numéricamente, que uno más bajo.

Para poder determinar el valor de este parámetro, se procedió a analizar estudios previos realizados en cuencas similares, y observar valores de CN que hayan sido evaluados y calibrados con aforos, asociados a determinadas crecidas.

Para ello se tomó como referencia a la cuenca del Rio Negro, la cual se encuentra próxima a la cuenca del Rio Tragadero, y como ya se dijo en el estudio de suelo, se puede ver la similitud estratigráfica y de cobertura de suelos entre las mismas.

Se realizó la lectura y análisis del Estudio Hidrológico de la Cuenca del Rio Negro, realizado por el grupo de investigación del Departamento de Hidráulica, de la de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste en el año 1993. En este estudio, se observó los valores determinados para cada una de las subcuencas en las cuales es dividida la Cuenca del rio Negro, y se realizó una ponderación, en función del área de cada subcuenca y el valor de CN que fue determinado para las distintas crecientes que se evaluaron y se obtuvo así un valor representativo para la cuenca en estudio.

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
AÑO 2022

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

RESUMEN DE LAS CORRIDAS DE VALIDACION													
Cuenca del Rio Negro													
Comparación de Resultados para corridas del Modelo AR-HYMO													
Subcuenca	Fecha	CN	Tp[horas]	K[hs]	Qp[m ³ /s]	Vol[Hm ³]	E Qp[%]	E Vol[%]	Dif Tp[hs]	P.Total[mm]	P.Ant[mm]		
Saladillo[301]	23/04/90	54	72	108	52.7	40.1				104	222		
Sto.La Vieja[302]	23/04/90	41	96	144	79.1	77.9				138	236		
Rio Negro[303]	23/04/90	64	84	120	46.2	38.9				138	248		
Cuenca Total	23/04/90		138		104.9	157	2.08	10.9	-6	130	234		
Saladillo[301]	25/04/86	55	72	120	57.2	44.831				129	324		
Sto.La Vieja[302]	25/04/86	41	96	168	69.4	74.248				135	279		
Rio Negro[303]	25/04/86	65	84	144	46	43.016				144	380		
Cuenca Total	25/04/86		120		106.6	162.021	0.04	3.97	-36	135	304		
Saladillo[301]	10/04/89	53	60	96	21.5	13.642				77	159		
Sto.La Vieja[302]	10/04/89	40	96	144	8.9	8.548				61	223		
Rio Negro[303]	10/04/89	64	72	108	20.8	15.7				85	172		
Cuenca Total	10/04/89		180		40.7	37.815	4.59	19.49	84	68	200		
Saladillo[301]	16/02/81	52	48	96	73	51				145	160		
Sto.La Vieja[302]	16/02/81	41	96	144	70.7	70.7				132	282		
Rio Negro[303]	16/02/81	62	60	120	33	27.3				117	129		
Cuenca Total	16/02/81		204		158.3	314.6				133	230		

FIG IV.19: Planillas resumen de las modelación y calibración de las subcuencas. - FUENTE: Estudio Hidrológico de Crecientes del Rio Negro, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste

Para determinar el valor de CN para la cuenca en estudio, se realizó un promedio de los valores calibrados de Curva Numero para cada una de las crecidas por subcuenca, y luego con estos valores se realizó un promedio

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ponderado teniendo en cuenta el área de cada subcuenca, llegando de esta manera a obtener un valor de CN para el área en estudio en condición de humedad antecedente II. Para una primera aproximación a los valores de diseño, consideramos que esta metodología es aceptable, teniendo en cuenta que el análisis expuesto esta siendo desarrollado para un anteproyecto.

Es necesario destacar que se consideró trabajar con una humedad antecedente de clase 2, ya que los valores estipulados en el Estudio Hidrológico del Rio Negro, fueron calibrados considerando ese estado de humedad antecedente y además, como se cuenta con los valores de precipitación ocurrida en el mes previo de análisis, pudo corroborarse que no se superó los límites establecidos por el método para la condición de humedad antecedente II.

Cuenca	1990	1986	1989	1981	Area(km2)	CN ponderado por cuenca
Saladillo	54	55	53	52	1174	53.5
La vieja	41	41	40	41	2951	40.75
Rio Negro	64	65	64	62	687	63.75
Total	4812					47.14

TABLA IV.7: Valores de CN para cada subcuenca, para cada una de las crecidas estudiadas. – FUENTE: Elaboración propia.

Otro valor a establecer y ajustar dentro del modelo, es el valor de lag time, el cual se define como el periodo de tiempo entre el centroide del hietograma de precipitación y el caudal máximo del hidrograma resultante Este es un valor exigido por el programa para llevar adelante la modelación, y el mismo puede ser tomado como 0.6 a 0.7 del tiempo de concentración. En nuestro caso, se tomó 0.7 del tiempo de concentración:

Lag time: $0.7 * 5 \text{ dias} * 24 \text{ hs} * 60 \text{ min} = 5040 \text{ min}$

Por último, el programa HEC HMS fue configurado de manera que trabaje con un factor de tasa de pico Delmarva (PRF 284). El mismo refleja un porcentaje de escorrentía que ocurre antes del pico. El manual nacional de ingeniería (NEH-4) se indica que el PFR puede variar con el terreno, siendo un valor de 300 aplicable a cuencas de llanura.

Al ejecutar la modelación, vemos que el valor de caudal de diseño, asociado a una precipitación con un tiempo de recurrencia de 50 años, el cual se modelará hidráulicamente con el objetivo de establecer una altura del pelo de agua, es de

$$Qp = 220 \frac{m^3}{seg}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

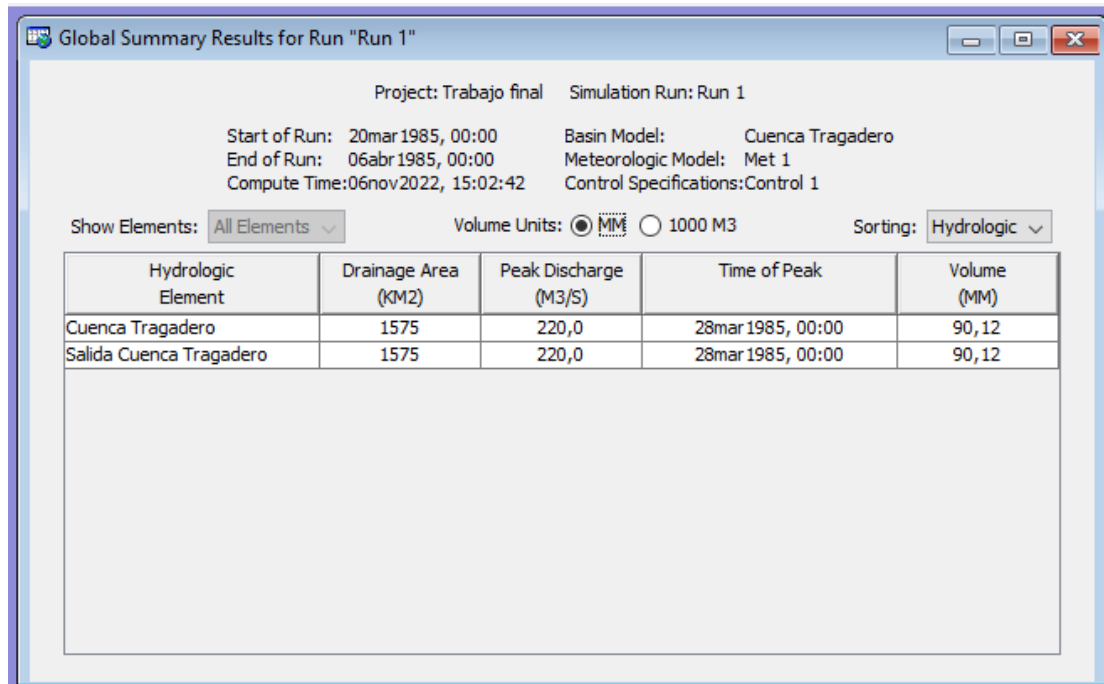


FIG IV.20: Planilla Resumen de la modelación realizada en HEC-HMS. - FUENTE: Elaboración Propia.

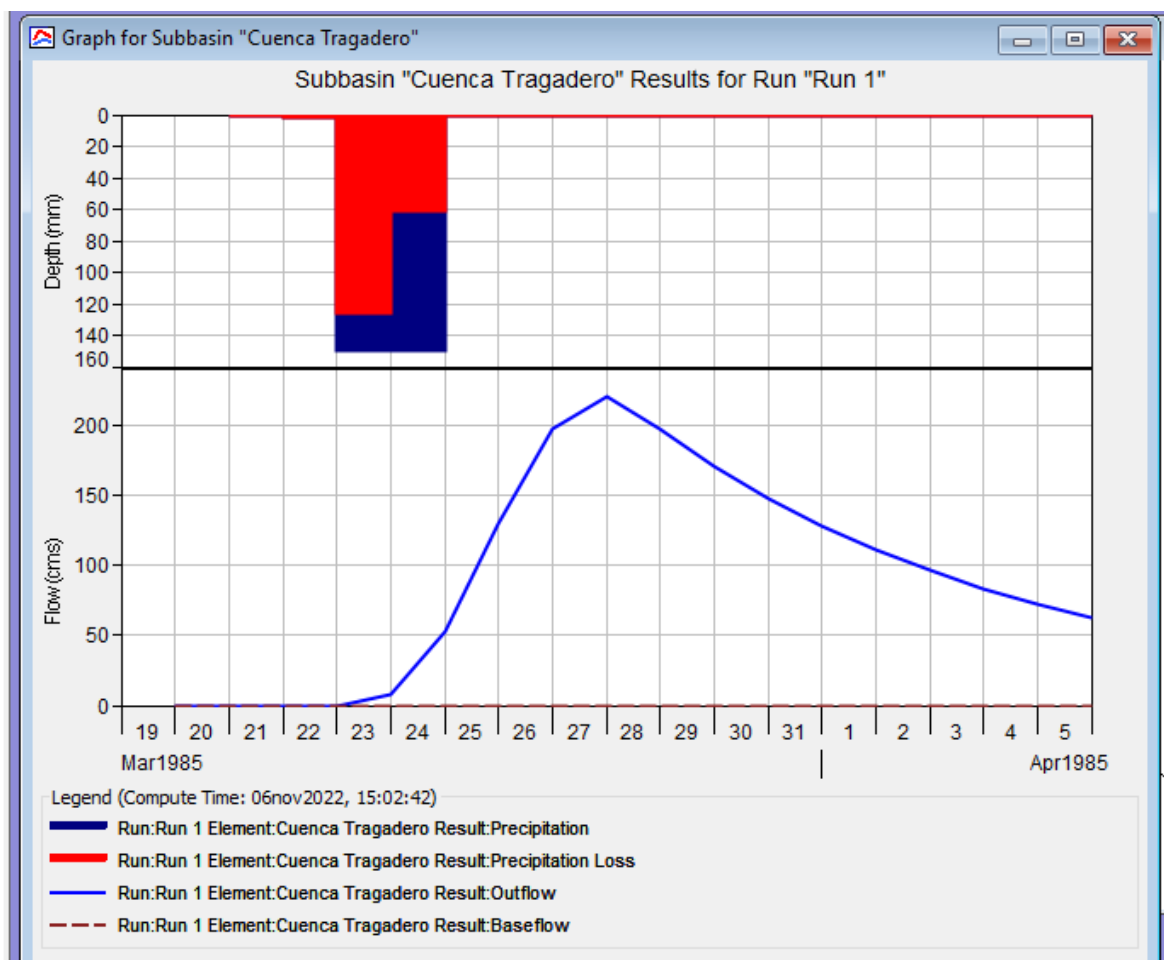


FIG IV.21: Hietograma e Hidrograma Resultando modelado con HEC-HMS. - FUENTE: Elaboración Propia.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

MODELACION HIDRAULICA DE LA SECCION

Para poder obtener la altura del pelo de agua que alcanzaría la sección en estudio al circular un valor de caudal de la magnitud determinada por la sección, se procedió a modelar la misma a través del programa HEC-RAS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos

La sección modelada fue la determinada mediante el trabajo de Batimetría realizado y explicado en el capítulo : Estudio Topográfico, del presente informe.

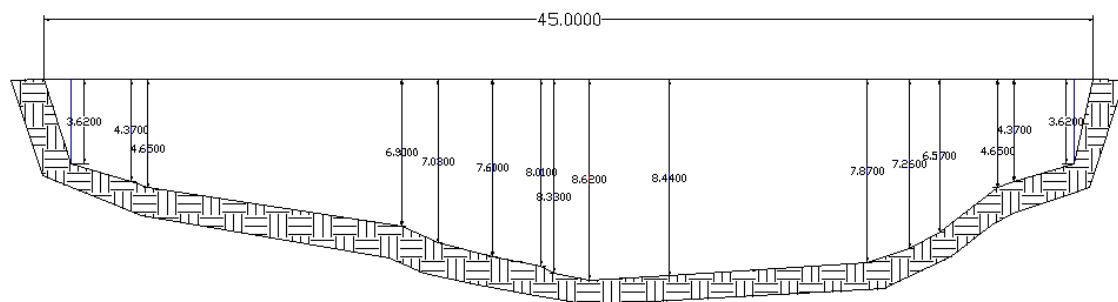


FIG IV.22: Perfil batimétrico de la sección en estudio. - FUENTE: Elaboración Propia.

Para poder llevar adelante esta modelación, se determinó un valor de coeficiente de rugosidad del cauce, acorde a la tabla de coeficientes de rugosidad de Manning para diferentes canales. En nuestro caso decidimos adoptar un coeficiente de valor 0,04 porque, para nuestro criterio, es la condición que más se asemeja al río en estudio, condiciones que se pudieron verificar en las visitas e inspecciones realizadas a la sección.

IV.- Cauces naturales	
Ríos de meseta rectos y sin ollas	0,030
Ríos de meseta con curvas, piedras y vegetación	0,040
Anterior con ollas y maleza	0,070
Ríos de montaña	0,040

FIG IV.23: Perfil batimétrico de la sección en estudio. - FUENTE: Elaboración Propia.

Luego mediante el programa HEC RAS, se modelaron la sección de control, y secciones aguas arriba, para poder simular el fenómeno de contracción que sufriría el río por el puente y la sección de paso limitada. Se evaluó el comportamiento de la sección frente a un caudal de diseño de 220m³/sg y se obtuvo de esta manera: la cota a la que se sitúa la superficie de la lámina de agua, la cota a la que se sitúa la línea de energía, pendiente de la línea de energía, Velocidad media del flujo en la sección, entre otros valores.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

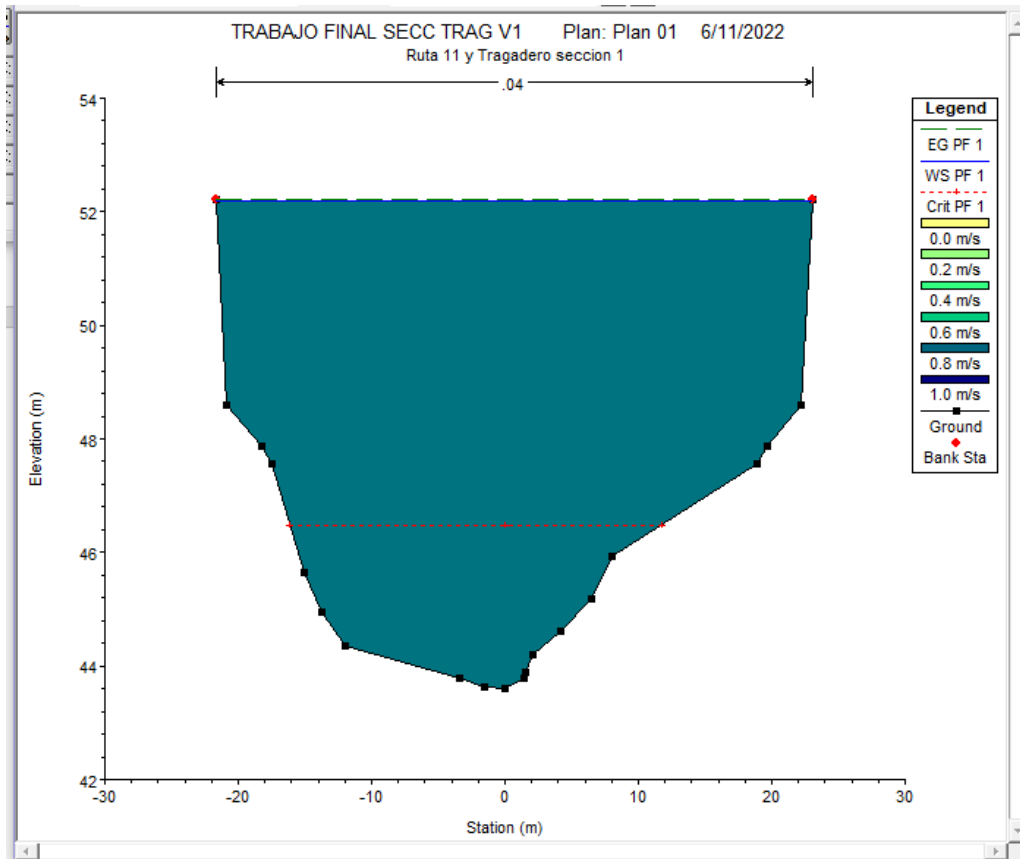


FIG IV.24: Modelación de la sección en estudio con el programa HEC-RAS. - FUENTE: Elaboración Propia.

File Type Options Help					
River:	TRAGADERO	Profile:	PF 1		
Reach	tragadero	RS:	0	Plan:	Plan 01
Plan: Plan 01 TRAGADERO tragadero RS: 0 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	52.21	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.03	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	52.18	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	46.48	Flow Area (m2)		284.32	
E.G. Slope (m/m)	0.000100	Area (m2)		284.32	
Q Total (m3/s)	220.00	Flow (m3/s)		220.00	
Top Width (m)	44.67	Top Width (m)		44.67	
Vel Total (m/s)	0.77	Avg. Vel. (m/s)		0.77	
Max Chl Dpth (m)	8.58	Hydr. Depth (m)		6.37	
Conv. Total (m3/s)	21988.7	Conv. (m3/s)		21988.7	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		52.26	
Min Ch El (m)	43.60	Shear (N/m2)		5.34	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	1103.11	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			
Errors, Warnings and Notes					

FIG IV.25: Resultados de la modelación con el programa HEC-RAS. - FUENTE: Elaboración Propia.

Puede observarse en la FIG IV.25, que se obtuvo una altura del pelo de agua de 52.18m para la situación modelada, es decir un caudal de 220m3/s, para un tiempo de recurrencia de 50 años. A su vez, otro dato importante a resaltar es el valor de velocidad media del cauce, la cual es de 0,77m/s para la situación evaluada.

Según recomendación de la Dirección Nacional de Vialidad, la cota de implante de fondo de viga debe ubicarse 1 m por encima del nivel de la cota de máxima creciente, pero teniendo conocimiento de la zona de estudio en

la cual se encuentra emplazado nuestro proyecto, consideramos que una revancha de aproximadamente 30cm. es suficiente para las zonas de llanura. Por lo que, como conclusión de este estudio, recomendamos colocar el fondo de la viga a una altura mínima de 52.5m

ANÁLISIS DE LA EROSION

Se entiende por socavación normal al descenso del fondo de un río que se produce al presentarse una creciente y es debida al aumento de la capacidad de arrastre del material sólido que en ese momento adquiere la corriente, en virtud de su mayor velocidad.

Al aumentar la velocidad, aumenta la posibilidad de que los sólidos más superficiales sean arrastrados por ella. Esta posibilidad está vinculada a la relación entre la velocidad de la corriente y la velocidad media requerida para arrastrar las partículas del fondo, que depende del material que lo constituye.

El análisis se realiza utilizando el criterio de L.L. LISCHTVAN-LEBEDIEV, para el cual se clasifica al cauce como definido o indefinido (en este caso definido), al material de fondo como cohesivo y no cohesivo y a su vez estos como homogéneos o heterogéneos (en este caso heterogéneos)

El criterio expone lo siguiente: Al presentarse una avenida aumenta la velocidad en el cauce, el aumento de velocidad trae consigo un aumento de la capacidad de arrastre de la corriente, con lo que se empieza a degradar el fondo. Al aumentar el gasto aumenta la socavación, incrementándose el área hidráulica y la velocidad del agua, hasta que se llega a la socavación máxima de equilibrio al ocurrir el gasto máximo; al disminuir la avenida se reduce paulatinamente el valor medio de la velocidad de la corriente y por ende la capacidad de arrastre, iniciándose la etapa de depósito.

Para verificar la socavación se debe comprobar que la velocidad real no supere la velocidad erosiva. la velocidad erosiva será

$$\text{Para suelos cohesivos} \rightarrow V_e = 0,6 \gamma d^{1,18} \beta H_s^x \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$\text{Para suelos no cohesivos} \rightarrow V_e = 0,68 d m^{0,28} \beta H_s^x \left[\frac{m}{s} \right]$$

γd = peso volumétrico seco que se encuentra a la profundidad H_s , en ton/m³

β = un coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia.

H_s = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer qué valor de v_e se requiere para arrastrar y levantar el material, en m.

X = es un exponente variable que está en función del peso volumétrico γd del material seco en ton/m³ o del diámetro del material en mm.

D_m = diámetro medio (mm) de los granos del fondo.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Probabilidad anual (en %) de que se presente el gasto de diseño	Coefficiente β
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.90
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

VALORES DE α Y $1/(1+\alpha)$ PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS									
SUELOS COHESIVOS					SUELOS NO COHESIVOS				
γ_s mm	α	$1/(1+\alpha)$	γ_s mm	α	$1/(1+\alpha)$	d mm	α	$1/(1+\alpha)$	d mm
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72	0.05	0.43	0.70	40.00
0.83	0.51	0.66	1.20	0.38	0.72	0.15	0.42	0.70	60.00
0.86	0.50	0.67	1.28	0.37	0.73	0.50	0.41	0.71	90.00
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74	1.00	0.40	0.71	140.00
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74	1.50	0.39	0.72	190.00
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75	2.50	0.38	0.72	250.00
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75	4.00	0.37	0.73	310.00
0.98	0.45	0.69	1.58	0.32	0.76	6.00	0.36	0.74	370.00
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76	8.00	0.35	0.74	450.00
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77	10.00	0.34	0.75	570.00
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.78	15.00	0.33	0.75	750.00
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78	20.00	0.32	0.76	1000.00
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79	25.00	0.31	0.76	

TABLA IV.8: Valores del coeficiente β y del exponente variable X . - FUENTE: Mecánica de Suelos Tomo II- Apéndice III Socavación- Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez- México 1978.

Se realiza el análisis con la información estudiada en el capítulo 2. Se considera suelo cohesivo hasta los 8m. y luego se lo considera no cohesivo.

POZO 1		
PROFUNDIDAD [m]	DIAMETRO [mm]	VELOCIDAD [m/s]
1	0,063	1,09
2	0,063	1,34
3	0,063	1,51
4	0,063	1,65
5	0,063	1,76
6	0,063	1,86
7	0,063	1,95
8	0,063	2,03
9	0,15	0,98
10	0,15	1,02
11	0,15	1,06
12	0,15	1,10
13	0,15	1,14
14	0,15	1,17
15	0,15	1,21
16	0,15	1,24
17	0,15	1,27

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N11 SOBRE RIO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

18	0,15	1,31
19	0,15	1,34
20	0,15	1,36
21	0,15	1,39
22	0,15	1,42
23	0,15	1,45
24	0,15	1,47
25	0,15	1,50
26	0,15	1,52

TABLA IV.9: Velocidades erosivas - FUENTE: Elaboración Propia

La velocidad real de la corriente para las condiciones hidrológicas establecidas es de 0,77 m/s, siendo menor que las velocidades erosivas, por lo que es probable que no se produzca erosión.

De todas formas, siempre es apropiado tomar precauciones y estar del lado de la seguridad, en caso de que se de un movimiento del material. Es por ello que, para el dimensionamiento de las pilas, que se desarrolla en el capítulo 6, se optó por no considerar los primeros metros del fondo del cauce, los cuales, según el estudio de suelo, contienen material fangoso, por lo que no aportarían la capacidad resistente del mismo. Y en caso de se produjera una eventual erosión, no afectarían el análisis y cálculo realizado.

COMENTARIOS, RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES FINALES

- Como pudo observarse a lo largo de la lectura del presente estudio, el tiempo de concentración determinado dentro del apartado de “Determinación de las características de la cuenca de aporte” fue evaluado con un valor de CN de 60, valor que se había adoptado a raíz de un análisis realizado en el estudio hidrológico por una consultora que había desarrollado hace ya varios años una adecuación hidráulica para la misma sección.
Al modificar el valor del CN en el apartado de “Modelación Hidrológica y determinación del caudal de diseño” se puede observar que el valor del mismo se redujo significativamente en comparación con el anterior, modificando este último el valor de tiempo de concentración determinado en primera instancia por la fórmula del SCS, y reduciéndolo a 3 días. De todas maneras, se decide mantener el tiempo de concentración de la cuenca que actualmente se evalúa en 5 días, debido a que las cuencas de llanura son cuencas de respuesta lenta. Además, las fórmulas utilizadas fueron desarrolladas para cuencas con características diferentes a las que se evalúa en este informe.
- A su vez, conforme a lo que rige la Dirección Nacional de Vialidad, por la importancia que presenta la estructura para el bienestar y correcto funcionamiento de la obra de arte, debería plantearse una verificación para un tiempo de recurrencia 100 años.
- Debe considerarse que, como se comentara más adelante en el capítulo de diseño estructural, el puente cuenta con pilas intermedias equidistantes, las cuales modificarían la sección de escurrimiento, elevando el nivel de agua, pero como la pérdida de energía que representaría la pila es poco significativa, se opta por despreciar la influencia de las mismas.

Como el presente estudio complementa un anteproyecto de dimensionado de un puente en la Ruta Nacional 11, sobre el Río Tragadero, cuando el mismo llegue a una instancia de proyecto, deberá ser evaluado también en las instancias previamente mencionadas, y reevaluado en las instancias desarrolladas, haciendo las modificaciones pertinentes.



CAPITULO 5

DISEÑO ESTRUCTURAL

INTRODUCCIÓN

A partir de los estudios topográficos realizados en el capítulo tres y los estudios hidrológicos-hidráulicos en el capítulo cuatro, se cuenta con la información suficiente para proceder con el diseño estructural del puente.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

LONGITUD MÍNIMA DEL PUENTE

A partir de la información con la que se cuenta, se tomó la decisión de mantener la longitud del puente existente, continuando la traza de la ruta, por lo que se considera al diseño con una longitud de 45 m.

COTA DE IMPLANTACIÓN

Las conclusiones del estudio hidrológico recomiendan aumentar la altura del puente, llevando el límite inferior de la viga principal a una cota de 52,5m.

ANCHO DEL PUENTE

Para el diseño transversal del puente se tuvieron en cuenta las recomendaciones y especificaciones de la DNV, encargada del anteproyecto en el que se incluirá el dimensionado de este puente.

Siguiendo sus indicaciones, se diseña un puente con los siguientes elementos:

- Dos vías colectoras (una por sentido) de 6m. cada una.
- Cuatro carriles principales (dos por sentido) de 7,3m. cada uno.
- Dos veredas peatonales (una por sentido) de 1,5m. cada una.

Respecto a los anchos requeridos para los elementos, sus exigencias se establecen en las *Normas de diseño geométrico de caminos rurales – DNV*

Para ancho de calzada se siguen las siguientes disposiciones:

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			SECCIÓN TRANSVERSAL													
TIPOS	CATEGORIA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	ANCHO DE CORONAMIENTO								TALUD TERRAPLÉN	ZONA DESPEJADA	NIVEL DE PRUEBA DE BARRERA	ANCHO PUENTE ENTRE GUARDA-RUEDAS	ZONA CAMINO	
					CALZADA	BANQUINA EXTERNA			MEDIANA									TOTAL
						C/PAV	S/PAV	TOTAL	BAN. INT. C/PAV	BAN. INT. S/PAV	CANTERO	TOTAL						
				km/h	m	m	m	m	m	m	m	m	V:H	⑤	⑥	m	m	
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	150
				120	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	110	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	120
				120	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	
				110	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31,6	≤ 1:4	10	3	11,3 (2)	
				80	7,3	2,5	0,5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31,6	≤ 1:4	6	3	11,3 (2)	

TABLA V.1: Características de diseño de autovía. –

FUENTE: Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial DNV

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Para el ancho de colectora se tiene en cuenta la siguiente información, correspondiente a autopistas en camino rural, pero cómo se diseña un puente en autovía de dos carriles por sentido tiene las condiciones para ser aplicada en nuestro caso.

Tabla 4.7 Anchos de calzada en colectoras

Tipo de operación	Estacionamiento sobre	Ancho de calzada m
Local	Un costado	6,6 a 9
Local	Ambos costados	10,8 a 12,6
General	Un costado	9 a 10,2
General	Ambos costados	12,6 a 13,2

En autopistas rurales, es normal que las colectoras presenten calzada pavimentada de 6 m y banquetas sin pavimentar de 1,50 m a cada lado, tal como lo muestra el Plano OB-1.

TABLA V.2: Anchos de colectora. –

FUENTE: Normas y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial DNV

Respecto a anchos de vereda, según AASHTO – “LRFD 2012 Bridge Design Specification” se pueden tener distintos casos, de los cuales, para el presente análisis, se considerará vereda peatonal:

Tipo	Ancho	Baranda
Vereda peatonal	Mínimo 0,75m	Baja velocidad: baranda combinada metálica y de hormigón, con cordón barrera.
		Alta velocidad: baranda tipo new jersey de hormigón para tráfico vehicular y peatonal, y baranda peatonal metálica.

TABLA V.3: Anchos de vereda. – FUENTE: LRFD 2012 BRIDGE DESIGN SPECIFICATION AASHTO

Se decide utilizar baranda flex-beam, con especificaciones adjuntas más adelante.

DISEÑO ADOPTADO

Los planos del diseño se adjuntan en el capítulo ANEXOS.

El nivel actual de la rasante del puente se encuentra a 52,2m., por lo que se mencionó anteriormente con respecto a la cota de implantación, se deberá elevar el nivel de la rasante para la materialización del nuevo puente. La nueva cota deberá ser de 54,1m.

Para poder vincularlo con la traza de la ruta existente se materializará una curva vertical en la zona del puente, elevando el nivel hasta un punto en el que el cauce no represente un riesgo para la ruta. Para no sobredimensionar los estribos, la diferencia de altura que los mismos no alcancen a cubrir, se deberá salvar rellenando el talud hasta el nivel requerido

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FIGURA V.1: Diseño del puente. FUENTE: Elaboración propia



FIGURA V.2: Diseño del Puente. – FUENTE: Elaboración Propia

ASPECTOS A TENER EN CUENTA

ASPECTO ECONÓMICO

Para esta longitud de vano el sistema más económico y el que convencionalmente se utiliza es el de puente viga, que está constituido por elementos que trabajan exclusivamente a flexión. Este tipo de estructura está formada por una losa de hormigón armado apoyada en una serie de vigas principales longitudinales. Con luces de hasta 15m, las vigas pueden ser de hormigón armado convencional y con luces iguales o mayores ya debe pensarse en hormigón pretensado). Las mismas descansan en pilas o estribos y son arriostradas mediante vigas secundarias transversales, cuyo fin es que las vigas principales trabajen en forma conjunta. En caso de trabajar con vigas prefabricadas de hasta 30m. es posible montarlas con grúas comunes, pero para mayores longitudes se necesitan equipos especiales.

Por lo tanto, el tipo de puente a utilizar es un puente viga, con longitudes de vigas de 15m., siendo posible trabajar con grúas comunes.

ASPECTO TÉCNICO

Buscando implementar alternativas con mayores beneficios y que resulten más innovadoras, se optó por utilizar métodos de construcción como Prelosa y Pretensado postesado.

El pretensado es un método constructivo que introduce, antes de la puesta en servicio de la estructura, esfuerzos de compresión de manera que en este último estado de cargas no aparezcan tensiones de tracción, o bien en caso de no poder anularlas, que las mismas queden reducidas a valores mínimos y bajo control; este método tiene como objetivo evitar la formación de fisuras y por lo tanto optimizar el uso de materiales. En este caso se considera un pretensado Clase T (transición) en el que se limitan las tensiones de tracción a valores admisibles. Para el postesado, primero se hormigona la pieza, dejando canales de deslizamiento o de tesado (denominados vainas) para la colocación posterior de los tensores. La adherencia se produce posterior al pretensado inyectando en las vainas el mortero de cemento. Una vez endurecido el hormigón, se ubican los cables y se los tesa. La transferencia del esfuerzo de tesado al hormigón se logra por acuíñamiento de los anclajes luego de realizado el tesado. Se decide trabajar con postesado debido a su gran adaptación a los diagramas de momentos flectores.

El sistema constructivo con prelosa consiste en un elemento prefabricado horizontal compuesto por hormigón armado de un espesor relativamente pequeño y que dispone de unas armaduras reticuladas de sección triangular que tiene por función principal resistir las sollicitaciones generadas durante el montaje. Este elemento se utiliza como encofrado perdido de la losa que formará parte una vez completada in situ su armado y hormigonado. La ventaja de trabajar con este tipo de elementos consiste en la practicidad y rapidez del montaje, evitando encofrados, sobre todo en lugares de difícil accesibilidad. Se fabrica en moldes metálicas que le dan precisión en sus dimensiones, buena terminación de la superficie exterior, y por ser de pequeño espesor (bajo peso) se pueden montar con hidrogrúas comunes.

DISEÑOS DE LOS ELEMENTOS

VEREDAS

Las veredas se diseñan con un ancho de 1,5m, para uso peatonal. Las mismas cuentan con barandas tipo flex-beam del siguiente tipo:

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

PRODUCTO	LONGITUD	ANCHO / ALMA	ESPESOR	PESO (mínimo)	RECUBRIMIENTO DE ZINC (Mínimo)
Defensas Norma Americana (AASHTO M-180) Tipo I.	Efectiva: 3810 "+ 63.5mm / -12.7 mm"	311.2 mm "+ 6 mm - 2 mm"	2.5 mm ó 3.2 mm "+ μ -0.24 mm"	43.8 Kg	610 g/m ² ambas caras
	Total: 4128 "+ 63.5 mm/-12.7 mm"				

TABLA V.4: Catalogo flex beam- FUENTE: Corparcero S.A

CARPETA DE RODAMIENTO

Se diseña una carpeta de material asfáltico para la terminación de la superficie de rodamiento. Para su espesor, se parte de un mínimo igual a 5 cm., ya que no cumple una función estructural.

La pendiente de un 2% de la calzada, necesaria para el desagüe del puente se realizará con esta carpeta de rodamiento.

$$\begin{aligned} ecr \text{ vereda} &= 5cm \text{ ecr calzada min} = 5cm \text{ ecr calzada max} = 38cm \text{ ecr calzada medio} \\ &= \frac{0,05m + (0,05m + 0,02m * 16,2m)}{2} = 0,212m \end{aligned}$$

LOSA DE TABLERO

Se diseña la losa de tablero con método de prelosa, por lo que representa un elemento construido en etapas, siendo en primer momento un elemento prefabricado de hormigón armado al que luego se le agrega la capa de hormigón colada in situ para lograr el espesor deseado, convirtiéndose en una sola unidad. Este método aporta numerosas ventajas como ser que no se utilizan encofrados in situ, no hay problemas de desencofrado sobre el lecho del río y las superficies de las losas quedan perfectamente lisas.

VIGAS PRINCIPALES

Las vigas principales serán prefabricadas pretensadas con sección I, método que cuenta con múltiples ventajas:

- Se puede emplear la sección completa de hormigón, lo que significa una reducción de la sección típica de la pieza, y se reduce el peso de la estructura. Permiten adoptar mayores luces y estructuras más esbeltas de peso propio menor.
- El pretensado mejora la capacidad de servicio, al reducirse considerablemente la fisuración del hormigón, aumentando la durabilidad.
- Las deformaciones se mantienen muy reducidas, ya que las estructuras prácticamente permanecen en Estado I, aún para un pretensado parcial.
- Tienen una elevada resistencia a la fatiga, porque las amplitudes de oscilación de las tensiones en el acero se mantienen reducidas.
- Las estructuras de hormigón pretensado pueden soportar excesos de cargas considerables sin sufrir daños permanentes. Las fisuras que se producen por exceso de carga vuelven a cerrarse completamente siempre que las deformaciones en el acero se mantengan por debajo del límite de 0,01 %.
- Es necesaria la utilización de aceros para tesado de calidad superior (Prestressing Steel) a los convencionales para Hormigón Armado (Reinforcing Steel); esto se debe a que los acortamientos del Hormigón por Retracción y Fluencia Lenta implican para los tensores pérdidas de tesado importantes, que son inaceptables para armaduras ordinarias (Según Leonhardt entre 80 MN/m² y 200 MN/m², ya que los acortamientos por estos motivos son comúnmente del orden del 0,4 al 1%)

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Luego de la construcción de la losa de tablero, se convertirá en una sección compuesta y trabajarán conjuntamente, donde la losa colaborará con la resistencia requerida para soportar las cargas.

Se tiene 16 vigas principales que si se prefabricaran para salvar el vano completo deberían medir 45m., pero por facilidad constructiva al momento de su fabricación traslado y montaje, se decide trabajar con tres tramos para cada viga de 15m. cada uno

VIGAS SECUNDARIAS

Las vigas secundarias se encargan de arriostrar transversalmente a las vigas principales para que trabajen en conjunto resistiendo las cargas, por lo que tendrán una longitud tal que abarquen a todas ellas.

Para estas vigas se adopta una sección rectangular de hormigón armado, construidas in situ.

Se adoptan dos vigas transversales por cada tramo de viga principal, por lo que al haber 3 tramos se tiene en total seis vigas secundarias.

LOSA DE APROXIMACIÓN

La losa de aproximación se encarga de unir y darle continuación a la calzada de la autovía con la calzada del puente. Generalmente no son muy largas ya que su función es solo la de transición entre las estructuras de la carretera.

Es una losa de hormigón armado que se construirá in situ

DISPOSITIVOS DE APOYO

Las vigas principales se apoyan sobre los dispositivos de apoyo que se encuentran en los cabezales de pilas y en las bancadas de vigas principales en los estribos. En cada estribo se contará con un apoyo por viga, y en el caso de los cabezales de pilas, que son intermedios, se tendrán dos apoyos por viga ya que en estos cabezales se encuentra la división de la viga y se coloca un apoyo para cada parte.

Los apoyos son de neopreno armado, es decir, está compuesto por capas de neopreno intercaladas con placas de acero para aportar rigidez al dispositivo.

Estos dispositivos se colocan sobre dados de hormigón simple o armado que funcionarán como base para el conjunto neopreno-acero.

ESTRIBOS

El diseño de los estribos incluye: pantalla superior, pantalla inferior, bancada de vigas principales, contrafuertes, contrafuertes posteriores y muros de ala. Se diseña un estribo en cada extremo del vano total del puente y funciona como apoyo de la estructura, transmitiendo los esfuerzos de la misma al suelo.

La losa de aproximación se apoya sobre la pantalla superior y las vigas principales se apoyan en el cabezal de vigas.

Los estribos se materializan por partes, con cada una de las mismas construidas en hormigón armado in situ.

Los estribos trabajan como apoyos de toda la estructura en sus extremos, transmitiendo las cargas de la misma a los pilotes y mediante ellos al suelo que lo soportará.

FUNDACIONES

El diseño cuenta con dos cabezales de pilas intermedios, pilotes-pilas intermedios, cabezal de pilotes debajo de la estructura de estribos y pilotes extremos, ya que la longitud total se divide en tres tramos, por lo que las vigas principales apoyan en los estribos y en los cabezales intermedios.

La altura de los pilotes-pilas se considerará desde la cota de fundación hasta la cota en la que empieza el cabezal de pilas para las pilas intermedias, y hasta la cota en la que empiezan los estribos para las pilas extremas.

Los pilotes estarán sometidos, además de a la carga de la estructura, a la acción del suelo, y se considerarán con una altura de 23m.

Las pilas no solo deben transmitir los esfuerzos de la estructura a los pilotes, sino que también deben soportar las cargas hidráulicas del cauce que escurre entre las mismas. Se considerarán con una altura entre 5,3m. y 7,1m. aproximadamente, según el punto del cauce en el que se implanten.

PROCESO CONSTRUCTIVO

Para construir un puente de estas características, se llevan a cabo las distintas tareas en etapas, requiriendo de una organización y planificación estructurada, buscando que la ejecución de los trabajos, la utilización de las maquinarias y materiales, y la administración de la mano de obra resulte lo más eficiente y económica posible.

Se comienza con la contención y desviación del cauce, para posibilitar la excavación de los pilotes que componen las fundaciones, que en este caso, se construyen in situ; para ello se trabaja con máquinas piloterías y siempre que el cauce lo permita, se intenta excavar todos los pilotes antes de seguir con la siguiente etapa. De no ser posible, se lo debe hacer por partes.

Luego se prosigue con el armado y hormigonado de los pilotes, dejando armadura libre en el extremo superior de los pilotes intermedios, para su vinculación con las pilas. En el caso de los estribos, se deja la armadura de los pilotes para vincularlos directamente con el cabezal de pilotes, por encima del cual se materializa la estructura de los estribos. Una vez endurecido el hormigón de los pilotes, se procede a armar y encofrar la estructura para las pilas hasta la altura necesaria, y para los cabezales de pilotes en los extremos, para luego hormigonarlas.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL Nº11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.1: Armado de pilas. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

Por encima de las pilas, se arma y encofra el cabezal de pilas. A su vez, en los extremos se comienzan a materializar los estribos, empezando con la pantalla inferior y los contrafuertes por encima del cabezal de pilotes. Siempre se deben alargar las armaduras de los distintos elementos en su parte superior para permitir el anclaje con el siguiente elemento.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.2: Armado de estribos. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

Al mismo tiempo que los estribos empiezan a tomar altura, se los rellena con el suelo utilizado para generar más estabilidad y para que sirva de apoyo para las siguientes partes, también permitiendo un trabajo más cómodo. Se hormigonan los cabezales de pilas y la pantalla inferior y contrafuertes. Una vez terminada la pantalla inferior, se arma y encofra la bancada de vigas, siguiendo el mismo procedimiento de rellenar el terreno y dejando armadura libre para su siguiente conexión.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.3: Armado de bancada de vigas. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.4: Armado de cabezal de pilas intermedias. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

Se hormigonan las bancadas de vigas en los estribos y cuando se endurecen, se colocan los dispositivos de apoyos sobre ellas y sobre los cabezales de pilas. Para estos dispositivos, se construyen dados de hormigón cuando se hormigonan los cabezales de pilas y las bancadas de vigas, que servirán como base y sobre los que se colocarán los apoyos de neopreno armado.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.5: Armado de apoyos. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

Los muros de ala se van construyendo a medida que se levanta la estructura de estribos, sirviendo de cerramiento de la misma. Para terminar con los estribos, se arma y encofra la pantalla superior para hormigonar y se termina de rellenar el terreno hasta alcanzar el nivel del terreno de la ruta con la que se vinculará el puente.

Las vigas principales son prefabricadas, por lo que se deben encargar con antelación y una vez listas se trasladan al lugar de la obra, y, utilizando grúas y plumas, se las colocan en su posición, sobre los dispositivos de apoyo, en las bancadas de vigas en los estribos y cabezales de pilas.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.6: Colocación de vigas principales. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.



FOTOGRAFIA V.7: Colocación de vigas principales. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

La losa de tablero estará compuesta por prelosa y una capa de hormigón in situ, simplificando la tarea para la construcción de la losa y solo encofrando y armando la capa que no es prefabricada.



FOTOGRAFIA V.8: Armado de losa de tablero. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II

Las prelosas son prefabricadas a medida, y cuando se las tiene se las coloca apoyadas sobre las vigas principales. Cuando se hormigona se logra la vinculación estructural con las vigas principales.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.9: Colocación de prelosa. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

Luego se arman y se encofran las vigas secundarias entre las vigas principales, en las cuales se deben dejar vainas para el paso de las armaduras de las vigas secundarias para que estas tengan continuidad. Estas son coladas junto con la capa de compresión de la losa de tablero, logrando así la unión de las vigas principales, vigas secundarias y losa de tablero. También se pueden armar y preparar las defensas New Jersey para hormigonarlas junto con los demás elementos.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



FOTOGRAFIA V.10: Armado de vigas secundarias. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.



FOTOGRAFIA V.11: Hormigonado de losa de tablero. - FUENTE: Catedra Hormigón Armado II.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENÍTEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Luego se procede a construir la losa de aproximación, como vinculación entre la losa de tablero y la estructura de pavimento de la ruta. La misma se apoya sobre unas pequeñas vigas que se considerarán como sobreanchos en los extremos de la losa, ubicadas sobre la pantalla superior de los estribos y sobre el terreno natural.

Se debe tener presente que el nivel del terreno bajo la losa de aproximación debe ser tal que la carpeta de rodamiento sobre la misma tenga una unión imperceptible con la carpeta que se encuentra sobre la estructura de la carretera.

Una vez lista la superficie, se construye la carpeta de rodamiento con una carpeta asfáltica para mejorar la circulación de los vehículos sobre la estructura en la calzada y también se agrega una pequeña capa en las veredas. Por último, se agregan las barandas para las veredas peatonales y se ultiman detalles constructivos.



CAPITULO 6

DIMENSIONAMIENTO

CAPÍTULO VI

DIMENSIONAMIENTO

INTRODUCCIÓN

De acuerdo al diseño estructural adoptado en el capítulo anterior, y los métodos constructivos elegidos, se procede al dimensionamiento del puente, mediante el cálculo de cada uno de sus componentes.

MARCO NORMATIVO

El cálculo de la estructura del puente se realizó teniendo como referencia y siguiendo las pautas establecidas en las siguientes normativas:

- BASES PARA EL CÁLCULO DE PUENTES DE HªAª DE VIALIDAD NACIONAL
- CIRSOC 201 – 2005: REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN.
- CIRSOC 208 – 2007: REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

MATERIALES

HORMIGÓN

- CLASE DE EXPOSICIÓN: En CIRSOC 201 – 2005. TABLA 2.1: Clases de exposición generales que producen corrosión de armaduras, se reconocen distintos tipos de exposición a los que se podrían someter los elementos de hormigón armado durante vida útil. Según esta discriminación, se adoptan para este caso los siguientes tipos de exposición:

- LOSAS Y VIGAS: A3

A 1	No agresiva	Ninguno	• Interiores de edificios no sometidos a condensaciones • Elementos exteriores de edificios, revestidos • Hormigón masivo interior • Estructuras en ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual < 250 mm.	• Interiores de edificios protegidos de la Intemperie • Columnas y vigas exteriores revestidas con materiales cerámicos o materiales que demoran la difusión del CO₂. • Elementos estructurales de hormigón masivo que no están en contacto con el medio ambiente. Parte Interior de los mismos.	
A 2	Ambiente Normal	Temperatura moderada y fría, sin congelación. Humedad alta y media o con ciclos de mojado y secado	Corrosión por carbonatación	• Interiores de edificios expuestos al aire con HR ≥ 65 % o a condensaciones • Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual < 1.000 mm. • Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos	• Sótanos no ventilados • Fundaciones • Tableros y pilas de puentes • Elementos de hormigón en cubiertas de edificios • Exteriores de edificios. • Interiores de edificios con humedad del aire alta o media
A 3	Clima cálido y húmedo		Corrosión por carbonatación	• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 1.000 mm • Temperatura media mensual durante más de 3 meses al año > 25° C.	• Pavimentos • Losas para estacionamientos

FIGURA VI.1.1: Tipos de exposición – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

- ESTRIBOS Y PILOTES: Q1

Q 1	Ambientes con agresividad química	Moderado	Ataque químico	• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Ver Tablas 2.3 y 2.4).	
Q 2		Fuerte		• Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (Ver Tablas 2.3 y 2.4).	
Q 3		Muy fuerte		• Exposición al agua de mar • Suelos, aguas o ambientes que contienen elementos químicos capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (Ver Tablas 2.3 y 2.4).	

FIGURA VI.1.2: Tipos de exposición – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

- b. REQUISITOS DE DURABILIDAD: En CIRSOC 201 – 2005. TABLA 2.5: *Requisitos de durabilidad a cumplir por los hormigones, en función del tipo de exposición de la estructura, se establece la relación agua/cemento máximo y la resistencia especificada a la compresión mínima requerida para los elementos en función del tipo de exposición al que se someterán.*

	A 1	A 2	A 3 y M 1	C L y M 2	M 3	C 1 ⁽²⁾	C 2 ⁽²⁾	Q 1	Q 2	Q 3 ⁽³⁾
a) Razón a/c máxima ⁽¹⁾										
Hormigón simple	---	---	---	0,45	0,45	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón armado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
Hormigón pretensado	0,60	0,50	0,50	0,45	0,40	0,45	0,40	0,50	0,45	0,40
b) $f'_{c\ min}$ (MPa)										
Hormigón simple	---	---	---	30	35	30	35	30	35	40
Hormigón armado	20	25	30	35	40	30	35	30	35	40
Hormigón pretensado	25	30	35	40	45	30	35	35	40	45
Penetración de agua o succión capilar según 2.2.11.	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si

FIGURA VI.1.3: Relación a/c máxima y $f'_{c\ min}$ según exposición – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

- LOSAS Y VIGAS: Al ser exposición A3 se requiere una resistencia especificada a la compresión mínima de 30MPa para elementos de hormigón armado y 35MPa para elementos de hormigón pretensado.
 - ESTRIBOS Y PILOTES: Se establece una resistencia a la compresión mínima de 30MPa para elementos de hormigón armado y 35MPa para elementos de hormigón pretensado según exposición Q1.
- c. RESISTENCIA DE LOS HORMIGONES: Según CIRSOC 201 – 2005. TABLA 2.7: *Resistencias de los hormigones, se establecen las clases de hormigones a utilizar en base a las resistencias especificadas a la compresión f'_{c} requeridas para los tipos de exposición.*

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión f'_c (MPa)	A utilizar en hormigones
H - 15	15	simples (sin armar)
H - 20	20	simples y armados
H - 25	25	Simples, armados y pretensados
H - 30	30	
H - 35	35	
H - 40	40	
H - 45	45	
H - 50	50	
H - 60	60	

FIGURA VI.1.4: Clases de hormigón según f'_c – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

En este caso, al necesitarse f'_c de 30MPa y 35MPa, se deberán utilizar hormigones H-30 Y H-35 respectivamente.

ACERO

- a. BARRAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO: Para la armadura de las estructuras de hormigón armado y para la armadura pasiva de las estructuras de hormigón pretensado se utiliza acero tipo ADN 420 con las siguientes características:
- $f_y = 420$ MPa
 - $E_s = 200.000$ MPa

		Barras de acero		
Designación de las barras de acero		AL 220 AL 220 S	ADN 420	ADN 420 S
Normas a las que responde		IRAM-IAS U 500-502	IRAM-IAS U 500-528	IRAM-IAS U 500-207
Conformación superficial		Lisa (L)	Nervurada (N)	Nervurada (N)
Diámetro nominal (d) (*)	mm	6 - 8 - 10 - 12 16 - 20 - 25	6 - 8 - 10 - 12 - 16 20 - 25 - 32 - 40	6 - 8 - 10 - 12 - 16 20 - 25 - 32 - 40
Tensión de fluencia característica (**)	MPa	220	420	420
Resistencia a la tracción, característica (**)	MPa	340	500	500
Alargamiento porcentual de rotura característico (A_{10})	%	18	12	12
Diámetro del mandril de doblado. Angulo de doblado 180°	mm	2 d	d ≤ 25 3,5 d d = 32 5,0 d d = 40 7,0 d	d ≤ 25 3,5 d d = 32 5,0 d d = 40 7,0 d
(*) Las normas IRAM-IAS designan al diámetro nominal de la barra o alambre como d mientras que en este Reglamento se designan como da. (**) Según se define en el artículo 3.0. Simbología.				

FIGURA VI.1.5: Características barras de acero – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

8.5.2. El módulo de elasticidad E_s de la armadura no tesa, se puede considerar igual a:

$$E_s = 200000 \text{ MPa} \quad (8-3)$$

FIGURA VI.1.6: Características barras de acero – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

- b. CORDONES DE ACERO PARA HORMIGÓN PRETENSADO: Para las armaduras activas de las estructuras de hormigón pretensado se utilizan cordones de acero de 7 alambres del tipo C-1990 con las siguientes características:

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Designación de los cordones IRAM – IAS U 500 – 03 (*)	Diámetro nominal de los cordones	Carga al 1 % de Alargamiento total mínima Q_1	Carga de rotura mínima Q_t	Límite de fluencia mínimo R_e	Resistencia a la tracción mínima R	Alargamiento porcentual de rotura bajo carga sobre 600 mm mínimo A_t	Relajación máxima a 1000 h y 20 °C, para una carga inicial expresada en % de la carga de rotura Q_t Baja Relajación BR		
	mm	kN	kN	MPa	MPa	%	60 % Q_t %	70 % Q_t %	80 % Q_t %
C – 1750	9,5	80,1	89,0	1546	1718	3,5	1	2,5	3,5
	12,7	144,0	160,0	1550	1722				
	15,2	216,0	240,0	1554	1727				
C – 1900	9,5	92,0	102,0	1678	1860				
	12,7	166,0	184,0	1682	1864				
	15,2	235,0	261,0	1679	1864				

(*) Designación de los cordones: Los valores corresponden, aproximadamente, a la resistencia a la tracción nominal del acero, expresada en MPa.

FIGURA VI.1.7: Características cordones de acero de siete alambres – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

8.5.3. El módulo de elasticidad E_p para el acero de pretensado elegido se debe determinar mediante ensayos o ser suministrado por el fabricante.

FIGURA VI.1.8: Características cordones de acero de siete alambres – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

- c. ALAMBRES DE ACERO PARA ARMADURA TIPO TRILOGIC: Para las armaduras tipo trilogic utilizadas en las prelosa se utilizan alambres del tipo ATR 500 N con las siguientes características:

$f_y = 500$ MPa

$E_s = 200.000$ MPa

		Alambres de acero	Mallas Soldadas, de acero
Designación de los alambres y las mallas soldadas de acero		ATR 500 N	AM 500 N
Normas a las que responde		IRAM-IAS U 500-26	IRAM-IAS U 500-06
Conformación superficial		Nervurados (N)	Alambres Nervurados (N)
Diámetro nominal (d) (*)	mm	4 a 4,5 para armadura de distribución 5 a 12 para armadura resistente	4 a 4,5 para armadura de distribución 5 a 12 para armadura resistente
Tensión de fluencia característica (**)	MPa	500	500
Resistencia a la tracción, característica	MPa	550	550
Alargamiento porcentual de rotura característico (A_{tg})	%	6	6
Diámetro del mandril de doblado. Ángulo de doblado 180°	mm	4 d	4 d

La resistencia al corte de las uniones soldadas en las mallas, expresada en kN, debe ser igual o mayor de 0,16 S_{max} (S_{max} = Área de la sección nominal transversal del alambre de mayor diámetro de la unión soldada, expresada en mm²).

(*) Las normas IRAM-IAS designan al diámetro nominal de la barra o alambre como d mientras que en este Reglamento se designan como d_s .

(**) Según se define en el artículo 3.0. Simbología.

FIGURA VI.1.9: Características alambres de acero – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

8.5.2. El módulo de elasticidad E_s de la armadura no tesa, se puede considerar igual a:

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

(8-3)

FIGURA VI.1.10: Características alambres de acero – FUENTE: CIRSOC 201. 2005

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

DIMENSIONADO

Para el cálculo de los elementos, se adopta una simplificación de unidades de:
 $1 \text{ TN} \approx 10 \text{ KN}$

1. LOSA DE TABLERO

1.1 DATOS

1.1.1 Diseño

Losa de hormigón armado H-30 y acero ADN 420.

Estructura con prelosa construida en etapas con armadura tipo Trilogic.

Se la considera simplemente apoyada en las vigas principales.

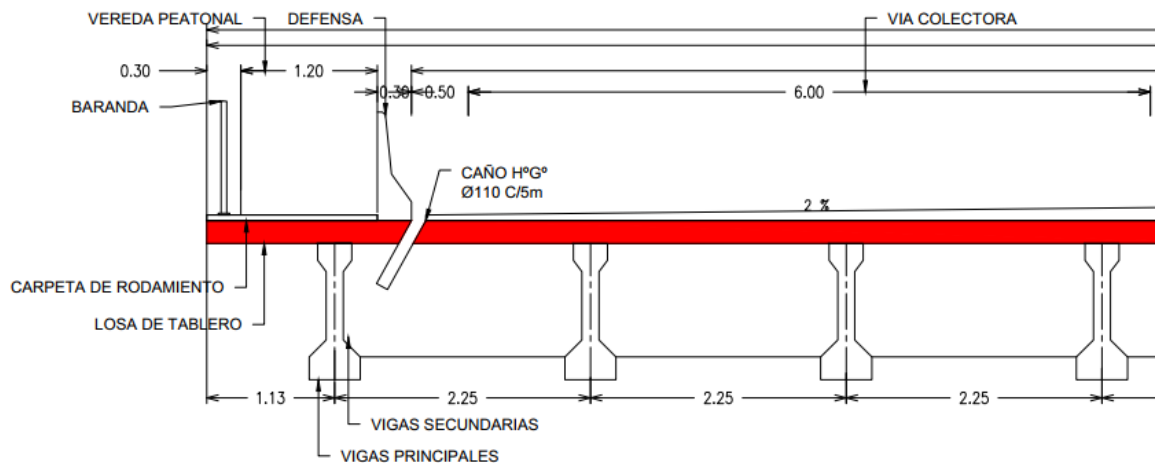


FIGURA VI.1.11: Diseño de losa de tablero – FUENTE: Elaboración propia

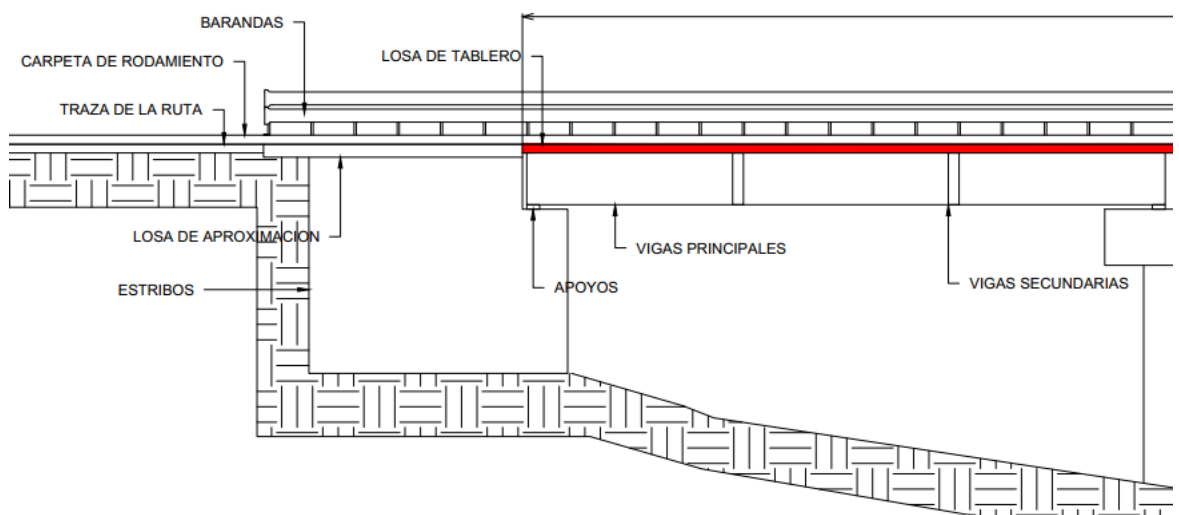


FIGURA VI.1.12: Diseño de losa de tablero – FUENTE: Elaboración propia

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

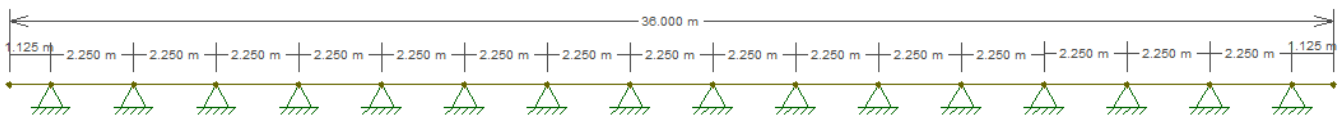


FIGURA VI.1.13: Condiciones de apoyo losa de tablero – FUENTE: Elaboración propia

1.1.2 Luces

Según BCPHA (DNV) – B.5.B.I, la luz de cálculo es:

$$l_{cal} = s_{vigasp} = 2,25m$$

$$l_{vol} = \frac{s_{vigasp}}{2} = 1,125m$$

1.1.3 Altura

a. Altura mínima

Según BCPHA (DNV) – B.5.B.V, el espesor mínimo para losas es de 12cm.

b. Altura por deformación

Según CIRSOC 201 – Tabla 9.5.a): “Altura o espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección, para el caso en que no se realice un cálculo de flechas”:

- Para elemento: losa maciza armada en una dirección:

$$\text{Ambos extremos continuos: } h_{min} = \frac{l}{28} = \frac{2250mm}{28} = 80mm = 8cm$$

$$\text{En voladizo: } h_{min} = \frac{l}{10} = \frac{1125mm}{10} = 113mm = 11cm$$

l : Luz del elemento (mm).

h : Espesor o altura total de la sección transversal de un elemento (mm).

Se adopta $h = 20cm$, para realizar el análisis de carga y luego se verificará.

1.2 ANÁLISIS DE CARGAS

1.2.1 FUERZAS PRINCIPALES

1.2.1.1 PESO PROPIO LOSA DE TABLERO

- Características:

Material: Hormigón Armado H-0

Espesor: 20cm.

- Peso unitario: Según BCPHA DNV – A.2.A, para hormigón armado y $H^{\circ}A^{\circ} = 25 \text{ KN/m}^3$

- Peso propio: $p_{pt} = h * \gamma = 0,2m * 25 \frac{KN}{m^3} = 5 \frac{KN}{m^2}$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1.2.1.2 PESO PROPIO CARPETA DE RODAMIENTO DE CALZADA

- Características:

Material: Concreto asfáltico

Espesor: Se utiliza un promedio de espesor ya que el mismo es variable para darle a la calzada la pendiente necesaria para su desagüe. $\frac{0,05m + (0,05m + 0,02m * 16,5m)}{2} = 0,21m$

- Peso unitario: Según *BCPHA DNV – A.2.A*, para mortero de bitumen y arena $\gamma = 22 \text{ KN/m}^3$

- Peso propio: $ppcrc = h * \gamma = 0,21m * 22 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 4,66 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

1.2.1.3 PESO PROPIO CARPETA DE RODAMIENTO DE VEREDA

- Características:

Material: Concreto asfáltico

Espesor: 5cm

- Peso unitario: Según *BCPHA DNV – A.2.A*, para mortero de bitumen y arena $\gamma = 22 \text{ KN/m}^3$

- Peso propio: $ppcrv = h * \gamma = 0,05m * 22 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 1,1 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

1.2.1.4 BARANDAS EN VEREDA

- Baranda flex beam: según catálogo tiene las siguientes características

Peso propio: $ppb = \frac{P}{1m * l} * \gamma = \frac{0,43 \text{ KN}}{1m * 4,2M} = 0,1 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

PRODUCTO	LONGITUD	ANCHO / ALMA	ESPESOR	PESO (mínimo)	RECUBRIMIENTO DE ZINC (Mínimo)
Defensas Norma Americana (AASHTO M-180) Tipo I.	Efectiva: 3810 "+ 63.5mm / -12.7 mm"	311.2 mm "+ 6 mm - 2 mm"	2.5 mm ó 3.2 mm "+ μ -0.24 mm"	43.8 Kg	610 g/m2 ambas caras
	Total: 4128 "+ 63.5 mm/-12.7 mm"				

FIGURA VI.1.14: Catálogo flex beam- FUENTE: Corparcero S.A

1.2.2 SOBRECARGA ACCIDENTAL:

Según *BCPHA A.2.B*, se tiene un puente del tipo A-30, por lo tanto, basándose en la Tabla N°1 del mismo capítulo, se deberán considerar las siguientes sobrecargas:

- Multitud compacta en calzada: $6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$
- Multitud compacta en vereda: $4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$
- Aplanadora: **130KN** en rodillo delantero y **85KN** en cada rodillo trasero, habiendo dos de ellos.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

TABLA N° 1 – SOBRECARGA REGLAMENTARIA

	Categoría de puentes			
	A-30	A-25	A-20	Espe cial
Paso total Tn.	30	25	20	CARGA SEGÚN EL CASO
Aplanadora rodillo delantero Tn.	13	10	8	
Cada rodillo trasero Tn.	8,5	7,5	6	
Multitud compacta Tn./m ²	0,6	0,6	0,5	
Sobrecarga en las veredas Tn./m ²	0,4	0,4	0,4	

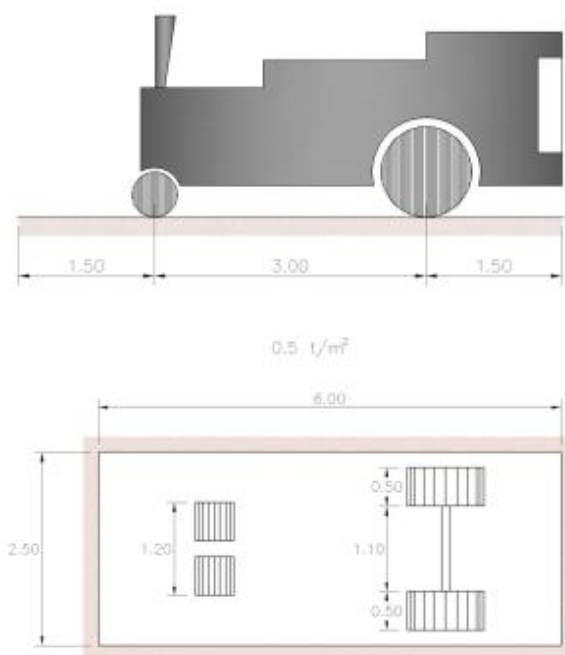


FIGURA VI.1.15: Aplanadora tipo – FUENTE: BCPHA

Para el cálculo de las losas a flexión, según BCPHA – B.4.A, se calcularán a flexión para cargas concentradas (presión de una rueda), considerando un ancho activo:

$$b = 10 + 2s + \frac{2}{3}l$$

siendo $\frac{2}{3}l < 2m$.

Para el caso de la losa de tablero, se considera el vehículo moviéndose perpendicularmente a la luz de la losa, por lo que:

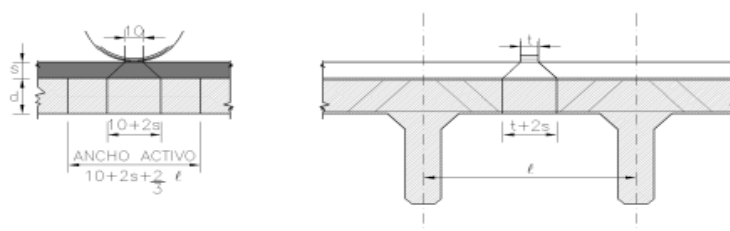


FIGURA VI.1.16: Anchos activos aplanadora - FUENTE: BCPHA

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Para el rodillo delantero:

$$b1 = 10 + 2s + \frac{2}{3}l = 0,1 + 2 * 0,212m + \frac{2}{3} * 2,25m = 2,02m$$

$$b2 = t + 2s = 1,2m + 2 * 0,212m = 1,62m$$

Para el rodillo trasero:

$$b1 = 10 + 2s + \frac{2}{3}l = 0,1 + 2 * 0,212m + \frac{2}{3} * 2,25m = 2,02m$$

$$b2 = t + 2s = 0,5m + 2 * 0,212m = 0,924m$$

1.2.3 IMPACTO

Según BCPHA A.2.C, para el cálculo de los esfuerzos originados por la sobrecarga, la misma debe ser afectada por un coeficiente de impacto según la *Tabla N°2* del mismo capítulo. A la multitud compacta sobre veredas no se le debe aplicar este factor.

También se deben calcular sin impacto las tensiones en la infraestructura y la fundación.

Para losas $\Phi = 1,4$

TABLA N° 2 – COEFICIENTE DE IMPACTO⁴

Tipo de Estructura	Coefficient e de Impacto
1. Tablero de la calzada: incluyendo viguetas transversales y longitudinales, nervios, columnas y péndolas	1,4
2. Vigas principales o pórticos nervados; que parcial o íntegramente formen parte de la estructura del tablero o que estén directamente vinculadas a ésta:	
1 < 10 M	1,4
1 = 10 M	1,3
1 = 30 M	1,2
1 = 50 M	1,1
1 ≥ 70 M	1,0
3. Vigas principales vinculadas al tablero solamente mediante vigas transversales, es decir cuando la losa de la calzada no apoya directamente sobre la viga principal. Pórticos, losas y puentes losas	
1 < 10 M	1,3
1 = 10 M	1,2
1 = 30 M	1,1
1 ≥ 50 M	1,0
4. Estructuras en arco	
A. Puentes en arcos de sección discontinua (vigas aisladas, vigas huecas, sección nervada, etc.)	
1 < 50 M	1,2
1 = 50 M	1,1
1 ≥ 70 M	1,0
B. Bóvedas de sección plana	
1 < 50 M	1,1
1 ≥ 50 M	1,0
5. Alcantarillos, cualquier luz	
Tapada menor de 0,20 M	1,4
Tapada entre 0,20 y 0,40 M	1,3
Tapada entre 0,40 y 0,60 M	1,2
Tapada entre 0,60 y 0,80 M	1,1
Tapada mayor de 1,00 M	1,0

FIGURA VI.1.17: Coeficientes de impacto - FUENTE: BCPHA

1.2.4 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA, CONTRACCIÓN Y FLUENCIA DEL HORMIGÓN

Según *BCPHA A.2.D*, estas acciones solo se tienen en cuenta para el cálculo de arcos o estructuras hiperestáticas.

1.2.5 SOBRECARGA CONSTRUCTIVA DE COLOCACIÓN DE PIEZAS PREFABRICADAS

En la colocación de la prelosa existen cargas que deben tenerse en cuenta, como ser la circulación de obreros sobre las piezas prefabricadas colocadas.

a. Dimensiones aproximadas de prelosa: $A_p: 1m * 2,2m = 2,2m^2$

b. Carga aproximada en prelosa: 3 operarios de 100kg cada uno.

$$P_p: 3 * 100kg = 300kg = 0,3tn$$

c. Sobrecarga constructiva: $p_c = \frac{P_p}{A_p} = \frac{0,3 tn}{2,2m^2} = 0,136 \frac{tn}{m^2} = 0,15 \frac{KN}{m^2}$

1.3 SOLICITACIONES

Las solicitaciones se calcularán por etapas, considerando la forma en que el puente se construirá en la realidad.

ETAPA 1: Construcción y hormigonado de losa de tablero. Carga de peso propio y sobrecarga constructiva. Condiciones de vínculo prelosa simplemente apoyada en vigas principales.

ETAPA 2: Puente en servicio. Cargas permanentes y sobrecarga accidental. Condiciones de vínculo losa continúa apoyada en vigas principales.

1.3.1 DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS

1.3.1.1 Según *BCPHA – B.5.A*, se deben considerar por separado los esfuerzos debidos a cargas permanentes, sobrecargas accidentales e influencia de temperatura y contracción. Se determinará la suma más desfavorable de los esfuerzos simultáneos.

1.3.1.2 Según *BCPHA – B.5.B.III*, se puede simplificar el cálculo de las losas continuas si es que las mismas se encuentran sobre nervios arriostrados entre sí y a una distancia menor a 2,5m, considerándolas como un tramo de viga simple de luz igual a la distancia entre los ejes de nervios, con las siguientes condiciones de apoyo. Para determinar los momentos sobre apoyos y en el tramo debido a la carga permanente y los momentos sobre los apoyos debidos a la sobrecarga, se supondrá empotramiento total en los apoyos. Los momentos en el tramo debido a la sobrecarga se obtendrán tomando la media aritmética de los momentos en el tramo suponiendo empotramiento total y apoyos libres respectivamente, en los extremos del tramo.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1.3.1.3 Según *BCPHA – A.2.B*, las cargas se situarán en la posición más desfavorable y no deberán tenerse en cuenta las cargas que debido a su ubicación reduzcan los momentos, siempre que no estén directamente vinculadas a otras cargas que actúan desfavorablemente.

1.3.1.4 Según *BCPHA – B.5.B.II*, para el cálculo de las reacciones de las losas y vigas secundarias continuas, se puede prescindir de la continuidad, salvo en los apoyos extremos con voladizos en el que deberá considerarse la continuidad con el tramo adyacente.

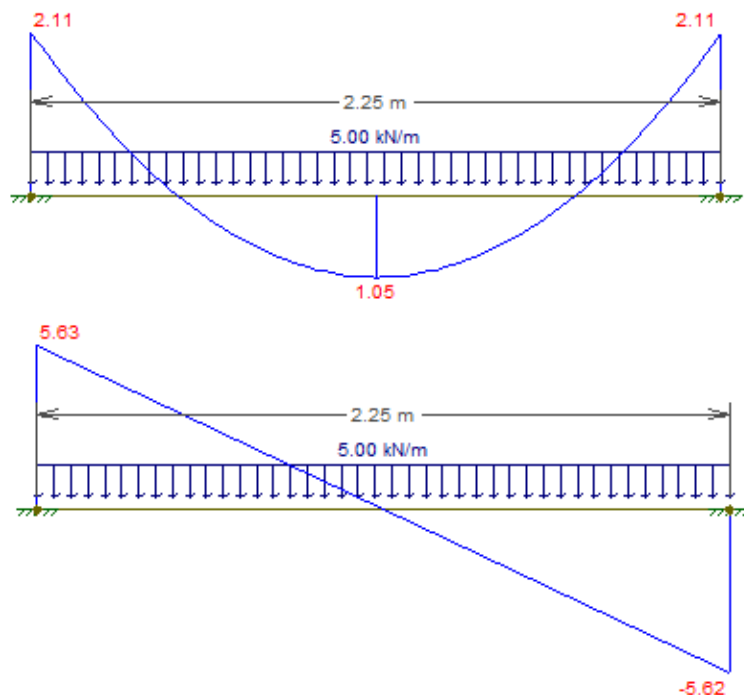
1.3.2 ETAPA 1

1.3.2.1 LOSA DE TABLERO

a. Cargas permanentes

Luz= 2,25m

$$ppt = 5 \frac{KN}{m^2}$$



$M_a = 2,11 \text{ KNm/m}$

$M_{tr} = 1,05 \text{ KNm/m}$

$V_{max} = 5,63 \text{ KN/m}$

b. Sobrecarga accidental

En este caso se considera la sobrecarga constructiva

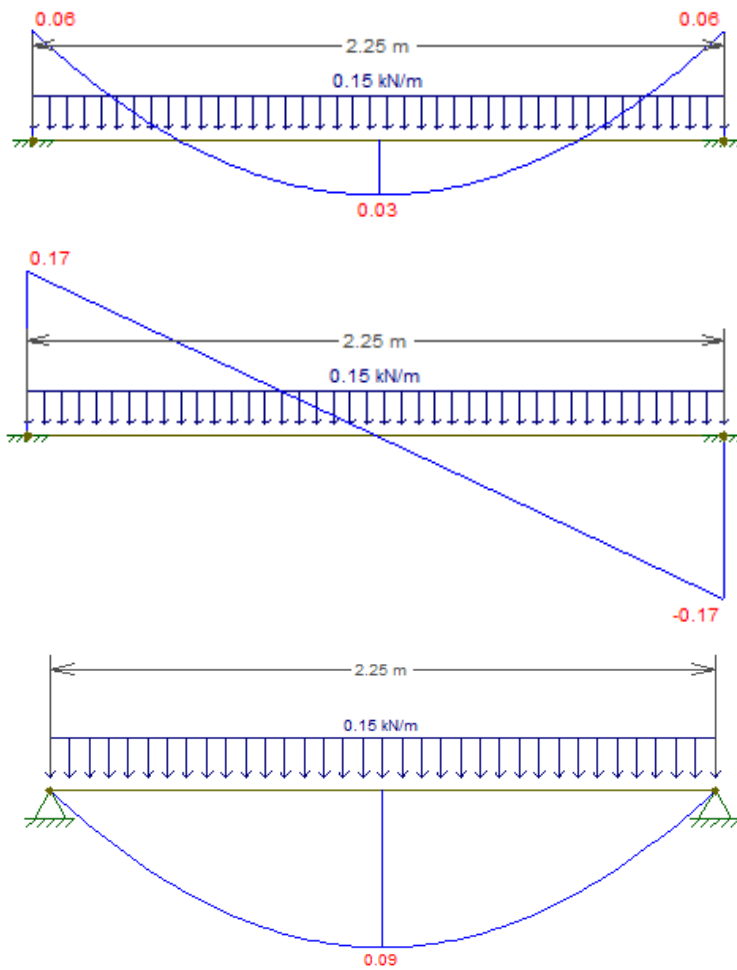
Luz= 2,25m.

$$pc = 0,15 \frac{KN}{m^2}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$M_a = 0,06 \text{ KNm/m}$$

$$M_{tr} = \frac{0,03 \frac{KN}{m} + 0,09 \frac{KN}{m}}{2} = 0,06 \text{ KNm/m}$$

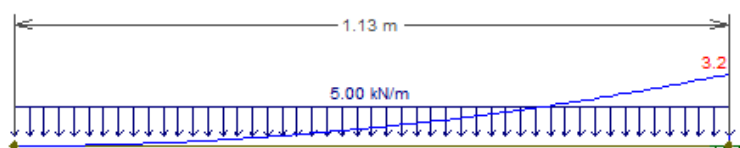
$$V_{max} = 0,17 \text{ KN/m}$$

1.3.2.2 VOLADIZOS

a. Cargas permanentes

$$Luz = 1,125 \text{ m.}$$

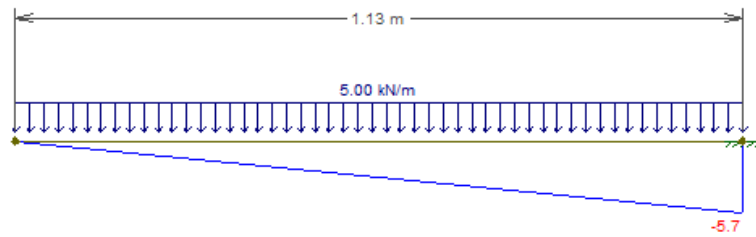
$$p_{pt} = 5 \frac{KN}{m^2}$$



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$M_a = 3,2 \text{ KNm/m}$$

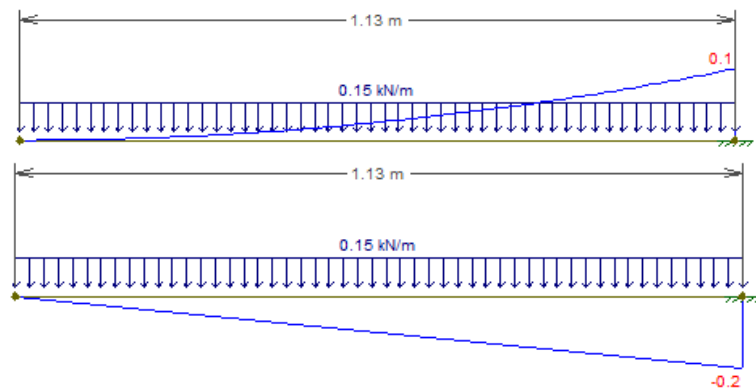
$$V_{\max} = 5,7 \text{ KN/m}$$

b. Sobrecarga accidental

En este caso se considera la sobrecarga constructiva

$$Luz = 1,125 \text{ m.}$$

$$p_c = 0,15 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$



$$M_a = 0,1 \text{ KNm/m}$$

$$V_{\max} = 0,2 \text{ KN/m}$$

1.3.3 ETAPA II

1.3.3.1 LOSA DE TABLERO

a. Cargas permanentes

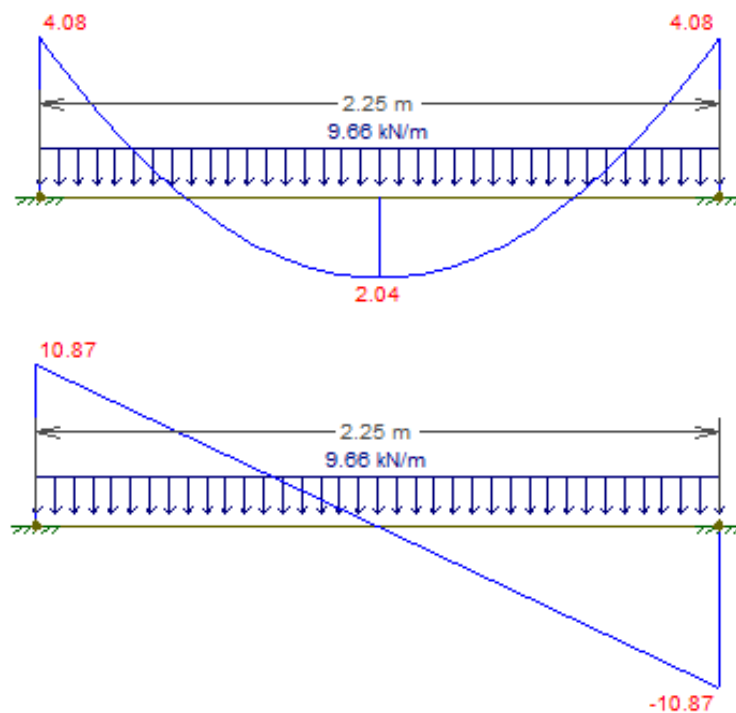
$$Luz = 2,25 \text{ m}$$

$$p_{pt} + p_{pcr} = \left(5 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} + 4,66 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \right) = 9,66 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$M_a = 4,08 \text{ KNm/m}$

$M_{tr} = 2,04 \text{ KNm/m}$

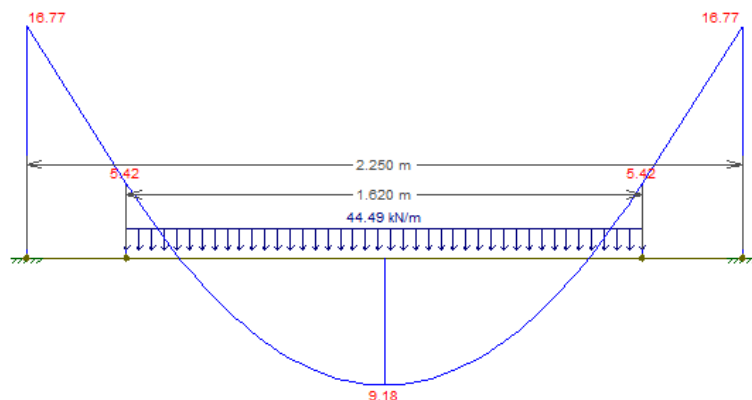
$V_{max} = 10,87 \text{ KN/m}$

b. Sobrecarga accidental

Según *BCPHA - A.2.B*, para el cálculo de las losas de tablero, se debe reducir en un 20% el peso de las aplanadoras.

I. Para rodillo delantero la carga repartida de la aplanadora será:

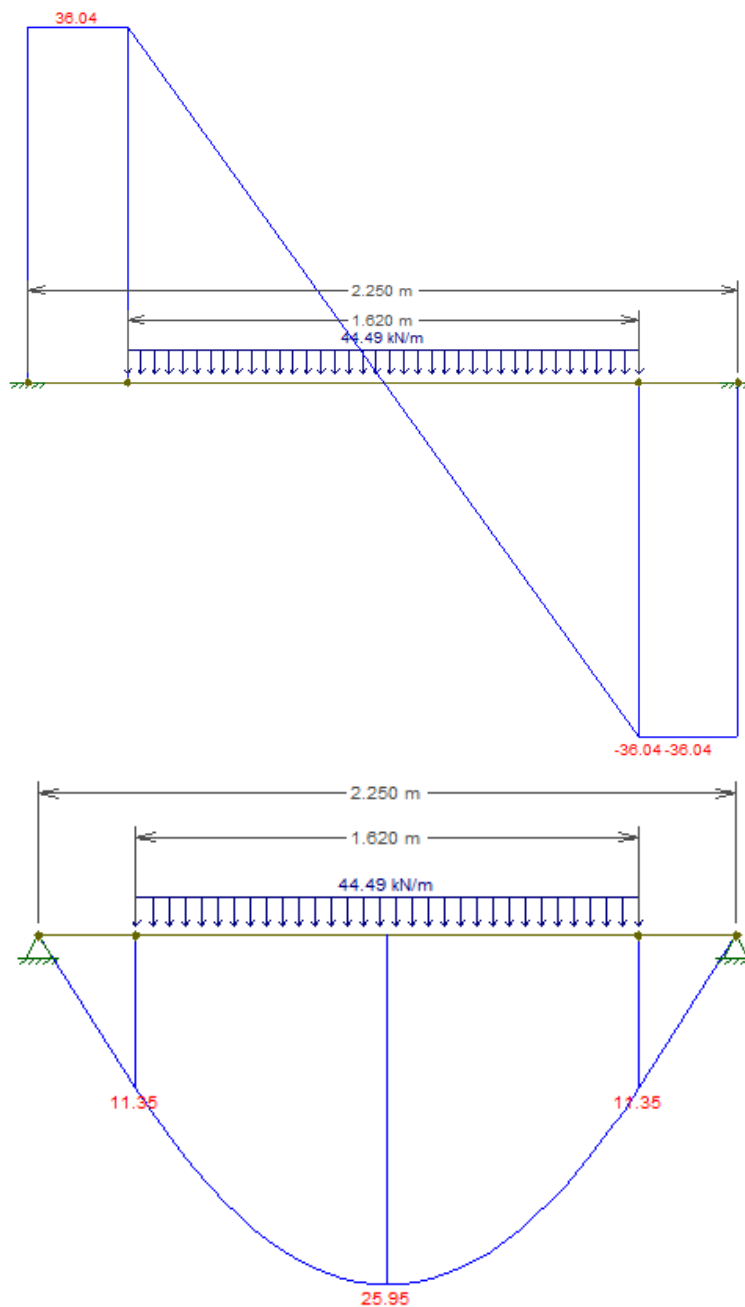
$$prd = 0,8 \frac{Prd}{b_1 * b_2} * \varphi = 0,8 \frac{130 \text{ KN}}{2,02 \text{ m} * 1,62 \text{ m}} * 1,4 = 44,49 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$M_a = 16,77 \text{ KNm/m}$$

$$M_{tr} = \frac{26,95 \frac{KN}{m} + 9,18 \frac{KN}{m}}{2} = 18,1 \text{ KNm/m}$$

$$V_{max} = 36,04 \text{ KN/m}$$

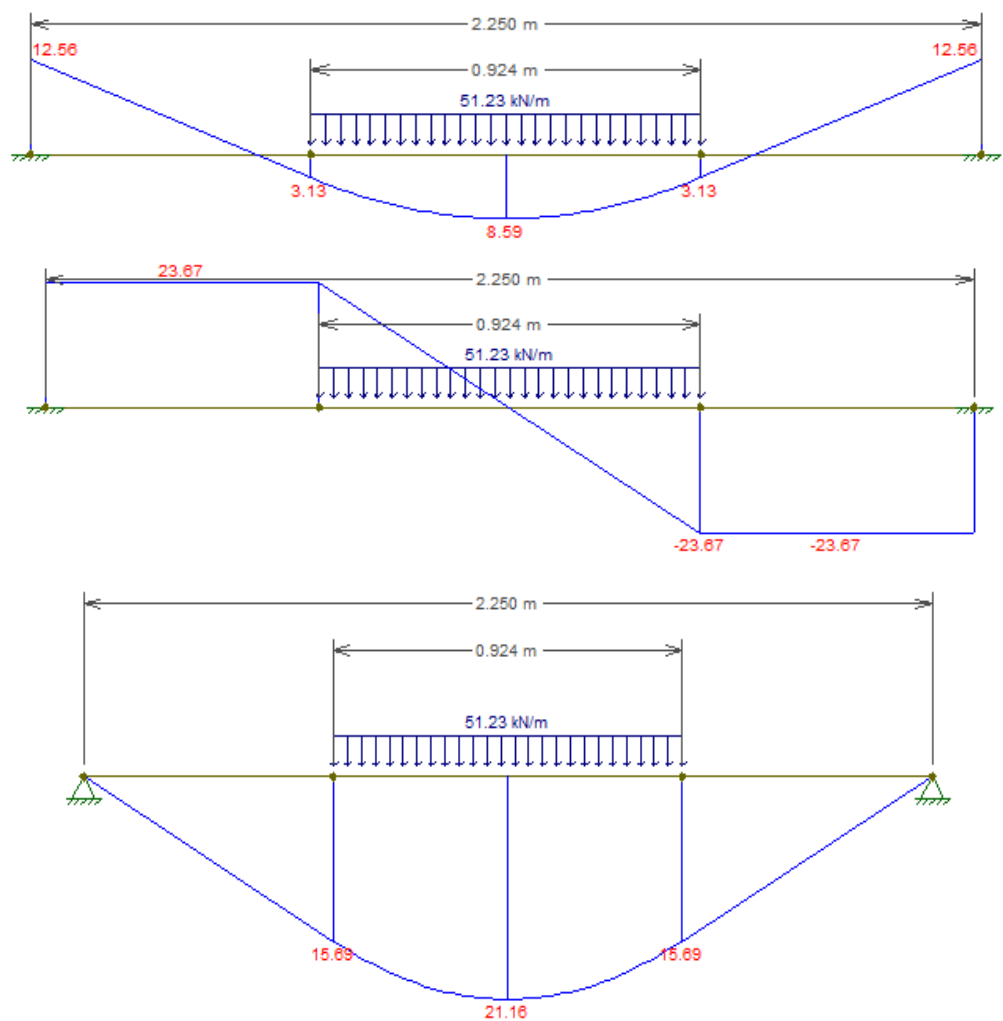
II. Para rodillo trasero la carga repartida de la aplanadora será:

$$prt = 0,8 \frac{Prt}{b_1 * b_2} \varphi = 0,8 \frac{85KN}{2,02m * 0,92m} * 1,4 = 51,23 \frac{KN}{m^2}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$M_a = 12,56 \text{ KNm/m}$$

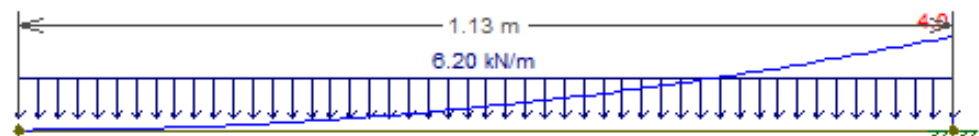
$$M_{tr} = \frac{21,16 \frac{KN}{m} + 8,59 \frac{KN}{m}}{2} = 14,88 \text{ KNm/m}$$

$$V_{max} = 26,67 \text{ KN/m}$$

1.3.3.2 VOLADIZO

a. Cargas permanentes

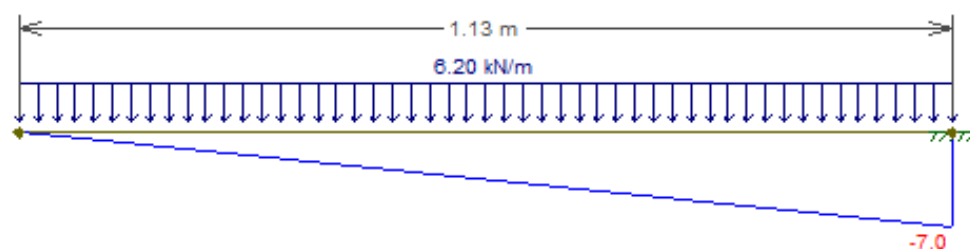
$$p_{pt} + p_{pcrv} + p_{pb} = \left(5 \frac{KN}{m^2} + 1,1 \frac{KN}{m^2} + 0,1 \frac{KN}{m^2} \right) = 6,2 \frac{KN}{m^2}$$



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



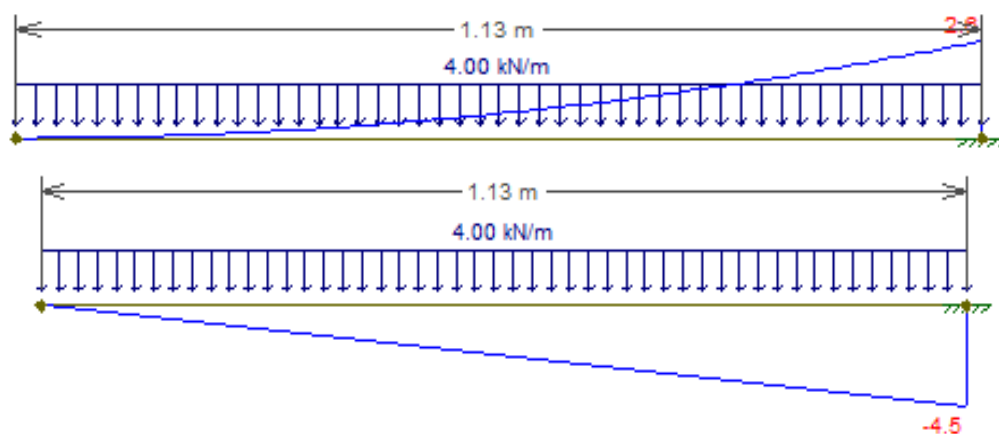
$M_a = 4 \text{ KNm/m}$

$V_{\max} = 7 \text{ KN/m}$

b. Sobrecarga accidental

Multitud compacta en vereda

$$pmcv = mcv = 4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} = 4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$



$M_a = 2,6 \text{ KNm/m}$

$V_{\max} = 4,5 \text{ KN/m}$

1.3.4 Resumen de solicitaciones

SOLICITACIONES - LOSA DE TABLERO						
SOLICITACIONES	ETAPA 1					
	Cargas permanentes			Sobrecarga accidental		
	Tramo	Apoyo	Voladizo	Tramo	Apoyo	Voladizo
Momento flector	1,05	2,11	3,2	0,06	0,06	0,1
Corte		5,62	5,7		0,17	0,2

SOLICITACIONES - LOSA DE TABLERO						
SOLICITACIONES	ETAPA 2					
	Cargas permanentes			Sobrecarga constructiva		
	Tramo	Apoyo	Voladizo	Tramo	Apoyo	Voladizo
Momento flector	2,04	4,08	4,00	18,10	16,77	2,60
Corte		10,87	7,00		36,04	4,50

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1.4 DIMENSIONADO

1.4.1 RESISTENCIA REQUERIDA

Según *CIRSOC 201* – 9.2, la resistencia requerida debe ser igual o mayor que los efectos de las cargas mayoradas dadas en las siguientes combinaciones:

- $U = 1,4 (D+F)$ (9-1)
- $U = 1,2 (D+F+T) + 1,6 (L+H) + 0,5 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R)$ (9-2)
- $U = 1,2 D + 1,6 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1 L \text{ ó } 0,8 W)$ (9-3)
- $U = 1,2 D + 1,6 W + f_1 L + 0,5 (L, \text{ ó } S \text{ ó } R)$ (9-4)
- $U = 1,2 D + 1,0 E + f_1 (L + L_e) + f_2 S$ (9-5)
- $U = 0,9 D + 1,6 W + 1,6 H$ (9-6)
- $U = 0,9 D + 1,0 E + 1,6 H$ (9-7)

En este caso, se evaluarán las combinaciones 9-1 y 9-2

RESISTENCIA REQUERIDA - $U=1,4D$						
SOLICITACIONES	ETAPA 1			ETAPA 2		
	Tramo	Apoyo	Voladizo	Tramo	Apoyo	Voladizo
Momento flector	1,47	2,95	4,48	2,86	5,71	5,60
Corte		7,87	7,98		15,22	9,80

RESISTENCIA REQUERIDA - $U=1,2D+1,6L$						
SOLICITACIONES	ETAPA 1			ETAPA 2		
	Tramo	Apoyo	Voladizo	Tramo	Apoyo	Voladizo
Momento flector	1,36	2,63	4,00	31,41	31,73	8,96
Corte		7,02	7,16		70,71	15,60

1.4.2 SECCIONES DE HORMIGÓN

La losa de tablero es un elemento de hormigón construido en etapas, ya que primero se coloca la pieza prefabricada de hormigón, la prelosa, que es utilizada como encofrado perdido y luego se cola in-situ una capa de hormigón; de todas formas, las piezas funcionan como un solo elemento.

1.4.2.1 Recubrimiento mínimo

a. INFERIOR

Según *CIRSOC 201* – Tabla 7.7.3: “Recubrimientos mínimos para el hormigón prefabricado (elaborado en condiciones de control en planta) para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón que una vez desencofrado está en contacto con el suelo o expuesto al aire libre
- Otros elementos (no tabique)
- Para barras y alambres $db \leq 16\text{mm}$

$$r_{\min} = 20\text{mm}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es A3, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{minA3} = 1,3r_{min} = 1,3 * 20mm = 26mm = 2,6cm$$

Adoptamos $r = 2,5cm \approx 2,6cm$

b. SUPERIOR

Según CIRSOC– Tabla 7.7.1: “Recubrimientos mínimos para hormigón colado en obra (no pretensado), para clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo
- Losas, tabiques, nervaduras
- Para barras y alambres $db \leq 32mm$

$$r_{min} = 20mm \text{ y } r_{min} \geq db$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es A3, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{minA3} = 1,3 * r_{min} = 1,3 * 20mm = 26mm = 2,6cm$$

Adoptamos $r = 2,5cm \approx 2,6cm$

1.4.2.2 ALTURA DE LA PRELOSA hp

En la prelosa no se necesita satisfacer ninguna altura mínima de hormigón, ya que la misma en la etapa 1 (sin la colaboración del hormigón colado in situ que todavía está fresco), solo actúa como carga no posee función estructural más que contener a la armadura tipo trilogic, la cual sí debe cumplir funciones estructurales, debiendo calcularse las secciones de acero para que resistan todas las cargas de la etapa 1 hasta que el hormigón de la capa superior de compresión haya endurecido y la sección trabaje como compuesta. Por lo tanto, como altura de prelosa (hp) adoptamos un espesor convencional disponible en el mercado de estos elementos prefabricados, que cumpla con el recubrimiento mínimo de la armadura principal.

Adoptamos $hp = 5cm$

1.4.2.3 ALTURA TOTAL DE LA LOSA

En un principio, se ha pre dimensionado la altura total de la losa, ya que era necesaria para el cálculo de las solicitaciones por peso propio de la losa de tablero. En este punto se verificará la misma comparándola con la altura necesaria para evitar el uso de armadura de corte

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

en losas. Para este análisis se trabaja con las solicitaciones de la etapa 2, donde trabaja la sección compuesta, es decir la altura total de la losa.

Según *CIRSOC 201 – 11.5.6.1*, no es necesario colocar armadura de corte mínima en losas, y según *CIRSOC 201 – 11.12.1.1* para losas armadas en una dirección se debe dimensionar al corte según *11.1 a 11.5* de dicho reglamento.

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201– 11.1.1*

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada, en N. El máximo esfuerzo de corte mayorado en la etapa 2 es:

$$V_u = 70,71 \text{ KN} * 1000 \frac{\text{N}}{\text{KN}} = 70710 \text{ N}$$

V_n : Resistencia nominal al corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$b_w = 1 \text{ m}$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

$\sqrt{f'_c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en Mpa. Debe ser $\leq 8,3 \text{ Mpa}$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'_c} = \sqrt{30 \text{ MPa}} = 5,48 \text{ MPa} < 8,3 \text{ MPa}$$

V_s : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte, N.

1.4.4 DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA

1.4.4.1 Etapa constructiva: Armadura trilogic

1.4.4.1.1 Esquema prelosa

La armadura Trilogic es un elemento estructural formado por barras de acero de sección circular maciza de conformación nervurada (cordones), separadas entre sí a una distancia por dos estribos continuos de alambre liso en forma de zigzag (diagonales), ubicados a ambos lados de la estructura y soldados en todos los encuentros.

La separación entre Trilogic depende íntegramente del calculista de la estructura prefabricada, por lo general se encuentran entre 0,30m a 0,50m. En este trabajo se adopta

$$a = 0,4m$$

de separación (a) entre Trilogic, que es el ancho de influencia de cada una.

1.4.4.1.2 Sección de barras

Se adoptan las siguientes secciones de barras para los cordones y diagonales, disponibles según el fabricante.

Cordón superior: Diámetro de la barra del cordón superior = 12mm = 1,20cm.

$$Ag1t = \frac{\pi(\emptyset cs)^2}{4} = \frac{\pi(1,2cm)^2}{4} = 1,13cm^2$$

Cordón inferior: Diámetro de las barras del cordón inferior = 10mm = 1cm

$$Ag1c = \frac{\pi(\emptyset ci)^2}{4} = \frac{\pi(1cm)^2}{4} = 0,79cm^2$$

Diagonales: Diámetro de la barra de la diagonal = 6mm = 0,6cm

$$AD = \frac{\pi(\emptyset d)^2}{4} = \frac{\pi(0,6cm)^2}{4} = 0,28cm^2$$

1.4.4.1.3 Relaciones geométricas de barras armadas

Se verificará la sección del Trilogic como si fuera una viga reticulada de barras de hierro redondo según CIRSOC 308, aunque esta es en realidad parte de una losa de hormigón armado. Por lo cual, existen limitaciones del CIRSOC 308 que no tendremos en cuenta, como ser $F_y \leq 400MPa$, ya que como se adoptó y como lo indica el fabricante del Trilogic, para este elemento $F_y=500MPa$.

a) Altura

Según CIRSOC 308 – 2.3.a) para elementos rectos solicitados a flexión simplemente apoyados, se debe cumplir:

$$\frac{l}{h} \leq 35 \rightarrow h = \frac{l}{35} = \frac{225}{35} = 6,43cm$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

l : Distancia entre ejes de apoyo, en cm.

h : Altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón en cm.

Se determinó la altura disponible para la armadura Trilogic $ht = 15\text{cm}$, la cual corresponde a una línea estándar de este producto como se puede observar en la tabla 45.

La altura h entre ejes de barras, descontando la mitad de los diámetros de las barras del cordón superior e inferior, es:

$$h = ht - \frac{\varnothing_{cs}}{2} - \frac{\varnothing_{ci}}{2} = 15\text{cm} - \frac{1,2\text{cm}}{2} - \frac{1\text{cm}}{2} = 13,9\text{cm} > 6,29\text{cm} \rightarrow BC$$

Modelo	Alturas h cm	Ancho base b cm	Largo de corte a m	Paso de diagonal s cm	Armadura			Peso kg/m	Peso por elemento kg
					Inferior d_i mm	Diagonal d_a mm	Superior d_s mm		
T 8	8	9	6	20	5	3,4	6	0,72	4,31
T 10	10	9	6	20	5	4,5	7	0,97	5,80
T 15	15	10	6	20	6	5	8	1,40	8,43
T 20	20	10	6	20	8	6	10	2,41	14,48
T 25	25	10	6	20	10	7	12	3,77	22,65

TABLA 1: Línea estándar de la armadura Trilogic. FUENTE: Acindar

Modelo	Alturas h cm	Ancho base b cm	Largo de corte a m	Paso de diagonal s cm	Armadura			Peso kg/m	Peso por elemento kg
					Inferior d_i mm	Diagonal d_a mm	Superior d_s mm		
Variable	7,5 a 25	10	múltiplos de 0,10	20	4 a 10	4 a 7	5 a 12	Variable	Variable

El largo mínimo es de 3 m y el máximo de 12 m. Para otros largos, consulte con la Gerencia de Asesoramiento Técnico.

TABLA 2: Línea según especificaciones de la armadura Trilogic. FUENTE: Acindar

b) Base

Según CIRSOC 308 – 2.3.a) para elementos rectos de sección triangular solicitados a flexión se recomienda cumplir:

$$b \geq \frac{h}{2} = \frac{13,9\text{cm}}{2} = 6,95\text{cm}$$

b : Ancho de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón en cm.

h : Altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón en cm.

Según la tabla 46 el único ancho disponible de la armadura Trilogic para la línea según especificaciones es $bt = 10\text{cm}$, que es total entre caras extremas.

El ancho b entre ejes de barras, descontando la mitad de los diámetros del cordón inferior, es:

$$b = bt - \frac{\varnothing_{ci}}{2} - \frac{\varnothing_{ci}}{2} = 10\text{cm} - 1\text{cm} = 9\text{cm} > 6,95\text{cm} \rightarrow BC$$

c) Paso de la diagonal

Según la tabla 46 el único paso de la diagonal disponible de la armadura Trilogic para la línea según especificaciones es

$$s = 20\text{cm}.$$

1.4.4.1.4 Resistencia requerida

La resistencia requerida por cada Trilogic será la calculada con las solicitaciones mayoradas en la etapa 1 para un ancho de influencia de $a = 0,40\text{m}$.

$$\text{Momento flector - tramo: } M_{ut} = 1,47 \frac{\text{KNm}}{\text{m}} * 0,4\text{m} = 0,59 \text{ KNm}$$

$$\text{Momento flector - voladizo: } M_{uv} = 4,48 \frac{\text{KNm}}{\text{m}} * 0,4\text{m} = 1,79 \text{ KNm}$$

$$\text{Esfuerzo de corte: } V_u = 7,98 \frac{\text{KNm}}{\text{m}} * 0,4\text{m} = 3,19 \text{ KNm}$$

1.4.4.1.5 Verificación de estados límites para solicitaciones de flexión y corte

La forma de la sección según CIRSOC 308 – 2.1 es triangular y la flexión se produce alrededor del eje x-x.

Según CIRSOC 308 – 6.1 se deben verificar los estados límites frente a las solicitaciones requeridas de flexión simple (M_u) y corte (V_u) de la barra armada:

$$M_d \geq M_u \text{ y } V_d \geq V_u$$

1.4.4.1.5.1 Estado límite de pandeo local de las barras

a. Pandeo local de las barras de cordón comprimido

- Resistencia de diseño a flexión – Tramo

$$M_{dcx} = \phi_c h n_1 A_{gc1} F_{cr} (10)^{-3}$$

ϕ_c : Para barras de sección circular maciza de acuerdo con CIRSOC 308-5.2. Para este caso $F_y = 500 \text{ MPa}$, y para la misma se corresponde $= 0,80$.

h : Altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.

n_1 : Número de barras del cordón comprimido.

A_{gc1} : Área bruta de una barra comprimida, en cm^2 .

F_{cr} : Para barras de sección circular maciza, según el artículo CIRSOC 308 - 5.2, con la expresión (5.2-3), para este caso de debe considerar $kL = s$.

$$F_{cr} = \chi F_y \quad \chi = \frac{1}{\delta + \sqrt{\delta^2 - \lambda c^2}} \quad \delta = 0,451 + 0,245\lambda c + 0,5\lambda c^2$$

λc : Factor de esbeltez adimensional

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

kL : Longitud efectiva = Distancia entre nudos, en cm.

r : Radio de giro de la sección transversal de la circular respecto a su eje baricéntrico = $d/4$, en cm.

F_y : Tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

E : Módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MP.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \frac{20 \text{ cm}}{0,3 \text{ cm}} \sqrt{\frac{500 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}}} = 1,06$$

$$\delta = 0,451 + 0,245 * 1,06 + 0,5 * 1,06^2 = 1,27$$

$$\chi = \frac{1}{1,27 + \sqrt{1,27^2 - 1,06^2}} = 0,506$$

$$F_{cr} = 0,506 * 500 \text{ Mpa} = 253 \text{ Mpa}$$

$$M_{dcx} = 0,8 * 13,9 \text{ cm} * 1 * 1,13 \text{ cm} * 253 \text{ MPa} (10)^{-3} = 3,18 \text{ KNm}$$

$$M_{dcx} = 3,18 \text{ KNm} > M_{ut} = 0,59 \text{ KNm} \rightarrow BC$$

● Resistencia de diseño a flexión – Voladizo

$$M_{dcx} = \phi_c h n_1 A_{gc1} F_{cr} (10)^{-3}$$

ϕ_c : Para barras de sección circular maciza de acuerdo con CIRSOC 308-5.2. Para este caso $F_y=500$ MPa, y para la misma se corresponde = 0,80

h : Altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.

n_1 : Número de barras del cordón comprimido.

$A_{gc1}=A_{gt1}$: Área bruta de una barra comprimida, en cm².

F_{cr} : Para barras de sección circular maciza, según el artículo CIRSOC 308 - 5.2, con la expresión (5.2-3), para este caso de debe considerar $kL=s$.

$$F_{cr} = \chi F_y \quad \chi = \frac{1}{\delta + \sqrt{\delta^2 - \lambda_c^2}} \quad \delta = 0,451 + 0,245 \lambda_c + 0,5 \lambda_c^2$$

λ_c : Factor de esbeltez adimensional

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

kL : Longitud efectiva = Distancia entre nudos, en cm.

r : Radio de giro de la sección transversal de la circular respecto a su eje baricéntrico = $d/4$, en cm.

F_y : Tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

E : Módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MP.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \frac{20 \text{ cm}}{0,25 \text{ cm}} \sqrt{\frac{500 \text{ Mpa}}{200000 \text{ Mpa}}} = 1,27$$

$$\delta = 0,451 + 0,245 * 1,27 + 0,5 * 1,27^2 = 1,57$$

$$\chi = \frac{1}{1,57 + \sqrt{1,57^2 - 1,27^2}} = 0,402$$

$$F_{cr} = 0,402 * 500 \text{ Mpa} = 201 \text{ Mpa}$$

$$M_{dcx} = 0,8 * 13,9 \text{ cm} * 2 * 0,79 \text{ cm} * 201 \text{ MPa} (10)^{-3} = 3,53 \text{ KNm}$$

$$M_{dcx} = 3,53 \text{ KNm} > M_{ut} = 1,79 \text{ KNm} \rightarrow BC$$

b. Pandeo local de las barras diagonales

Para sección triangular y flexión alrededor del eje x-x

$$V_{dD} = \phi_c A D F_{cr} 2 \sin \alpha \cos \beta (10)^{-1}$$

ϕ_c : Para barras de sección circular maciza de acuerdo con CIRSOC 308-5.2. Para este caso $F_y=500$ MPa, y para la misma se corresponde = 0,80

AD : Área bruta de una barra diagonal comprimida, en cm^2 .

α : Ángulo entre diagonal y cordón inferior, en grados sexagesimales.

$$\tan \alpha = \frac{h}{s/2} \rightarrow \alpha = \tan^{-1} \frac{h}{s/2} = \tan^{-1} \frac{13,9 \text{ cm}}{\frac{20 \text{ cm}}{2}} = 54,27^\circ$$

β : Ángulo entre plano de celosía y eje y-y, en grados sexagesimales.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$\tan\beta = \frac{b/2}{h} \rightarrow \beta = \tan^{-1} \frac{\frac{b}{2}}{h} = \tan^{-1} \frac{\frac{9cm}{2}}{13,9cm} = 17,94^\circ$$

L_d : Longitud real de la diagonal, en cm.

$$L_d = \sqrt{\frac{s^2}{4} + \frac{b^2}{4} + h^2} = \sqrt{\frac{(20cm)^2}{4} + \frac{(9cm)^2}{4} + (13,9cm)^2} = 17,7cm$$

F_{cr} : Para barras de sección circular maciza, según el artículo CIRSOC 308 - 5.2, con la expresión (5.2-3), para este caso se debe considerar $kl=s$.

$$F_{cr} = \chi F_y \quad \chi = \frac{1}{\delta + \sqrt{\delta^2 - \lambda_c^2}} \quad \delta = 0,451 + 0,245\lambda_c + 0,5\lambda_c^2$$

λ_c : Factor de esbeltez adimensional

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi r} \frac{k L}{\sqrt{\frac{F_y}{E}}}$$

$kl = 0,85L_d$ (Longitud efectiva) = $0,85 \cdot 17,7cm = 15,1cm$

r : Radio de giro de la sección transversal de la circular respecto a su eje baricéntrico = $d/4$.

F_y : Tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

E : Módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MPa.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi r} \frac{k L}{\sqrt{\frac{F_y}{E}}} = \frac{1}{\pi \cdot 0,15cm} \frac{15,1cm}{\sqrt{\frac{500 Mpa}{200000 Mpa}}} = 1,6$$

$$\delta = 0,451 + 0,245 \cdot 1,6 + 0,5 \cdot 1,6^2 = 2,12$$

$$\chi = \frac{1}{2,12 + \sqrt{2,12^2 - 1,6^2}} = 0,285$$

$$F_{cr} = 0,285 \cdot 500Mpa = 142,5Mpa$$

$$V_{dD} = 0,8 \cdot 142,5Mpa \cdot 0,28cm^2 \cdot 2 \sin \sin 54,27^\circ \cdot \cos \cos 17,94^\circ (10)^{-1} = 4,93KN$$

$$V_{dD} = 4,93KN > V_u = 3,19 KN \rightarrow BC$$

1.4.4.1.5.2 Estado límite de fluencia de barras del cordón traccionado

a. Resistencia de diseño a flexión – Tramo

Para flexión alrededor del eje x-x:

$$M_{dtx} = \phi_t h n_2 A_{gt1} F_y (10)^{-3}$$

$$\phi_t = 0,9$$

h : Altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.

n_2 : Número de barras del cordón traccionado.

A_{gt1} : Área bruta de una barra traccionada, en cm^2 .

F_y : Tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

$$M_{dtx} = 0,9 * 13,9\text{cm} * 2 * 0,79\text{cm}^2 * 500 * (10)^{-3} = 9,88 \text{ KNm}$$

$$M_{dtx} = 9,88 \text{ KNm} > M_{ut} = 0,59 \text{ KNm} \rightarrow BC$$

b. Resistencia de diseño a flexión – Voladizo

Para flexión alrededor del eje x-x:

$$M_{dvx} = \phi_t h n_2 A_{gt1} F_y (10)^{-3}$$

$$\phi_t = 0,9$$

h : Altura de la sección armada, medida entre ejes de barras del cordón, en cm.

n_2 : Número de barras del cordón traccionado.

$A_{gt1}=A_{gc1}$: Área bruta de una barra traccionada, en cm^2 .

F_y : Tensión de fluencia especificada del acero, en MPa.

$$M_{dtx} = 0,9 * 13,9\text{cm} * 1 * 1,13\text{cm}^2 * 500 * (10)^{-3} = 7,1 \text{ KNm}$$

$$M_{dtx} = 7,1 \text{ KNm} > M_{uv} = 1,79 \text{ KNm} \rightarrow BC$$

1.4.4.1.5.3 Estado límite de pandeo lateral torsional

Este estado no necesita ser verificado ya que los cordones estarán arriostrados lateralmente por el hormigón de la prelosa según el eje de menor inercia en toda su longitud.

1.4.4.2 Etapa en servicio: Armadura principal

1.4.4.1.1 Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201* – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

1.4.4.1.2 Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según *CIRSOC 201* – 10.2.7.3 $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según *CIRSOC 201* – 10.2.2.1 $\rightarrow$

$$f^*c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30 \text{ MPa} = 25,5 \text{ MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Según *CIRSOC 201* – EJEMPLOS DE APLICACIÓN

$$\rightarrow k_{min} = \frac{1,4}{f^*c} = \frac{1,4}{25,5 \text{ MPa}} = 0,055$$

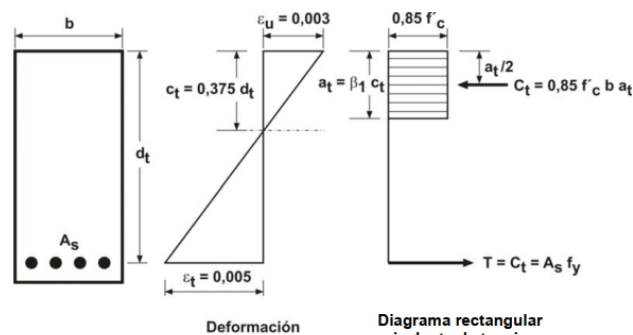


FIGURA VI.1.17: Deformaciones límites en secciones controladas por tracción –
FUENTE: *CIRSOC 201*

1.4.4.1.3 Separación máxima de la armadura principal

Según *CIRSOC 201* – 7.6.5, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (sl_{max}) debe ser:

$$sl \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 20 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

$$sl \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$sl \leq 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$sl_{max} = 25 \text{ cm}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1.4.4.1.4 Armadura principal inferior – Tramo

1.4.4.2.4.1 Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md : Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo **en etapa 2**.

$$Mu = 31,41 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{31,41 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 34,9 \text{ KNm/m}$$

1.4.4.2.4.2 Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f * c * bw * d^2} = \frac{34,9 \text{ KNm/m}}{25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 1\text{m} * (0,17\text{m})^2} = 0,047$$

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

$f*c$: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente.

bw : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa.

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,047} = 0,048 < kamin = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión $A's=0$

$$As_{nec} = \frac{k a f * c b w d}{f_y} = \frac{0,055 \cdot 25,5 \text{ MPa} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 170 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 567,68 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 5,68 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

As_{nec}: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²
f_y: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

1.4.4.2.4.3 Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ε_t: Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

ε_c: Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\text{‰}$.

1.4.4.2.4.4 Armadura principal inferior adoptada

a. Armadura disponible

Se dispone del Trilogic calculado anteriormente para la etapa 1, 2Ø10mm cada 0,4m.

$$As_{disp} = \frac{2 A_{g1c}}{a} = \frac{2 \cdot 0,79 \text{ cm}^2}{0,4 \text{ m}} = 3,95 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

b. Armadura adicional

$$As_{adic} = As_{nec} - As_{disp} = 5,68 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} - 3,95 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 1,73 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

c. Armadura adoptada

Considerando la armadura adicional y la separación máxima *s_{max}*, se adopta entre los trilogic 1Ø10mm (0,79cm²), separado uniformemente.

$$Asadop = \frac{0,79 \text{ cm}^2}{0,4\text{m}} = 1,98 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > Asadic = 1,79 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow BC$$

$$s = \frac{a - b}{n + 1} = \frac{40\text{cm} - 9\text{cm}}{1 + 1} = 15,1\text{cm} < sl_{\text{max}} = 25\text{cm}$$

b: Ancho del Trilogic, medida entre ejes de barras del cordón.

a: Separación entre Trilogic.

n: Número de barras entre Trilogic adoptadas.

1.4.4.1.5 Armadura principal superior – Apoyo

1.4.4.2.5.1 Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md: Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu: Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el apoyo **en etapa 2**.

$$Mu = 31,73 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{31,73 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 35,3 \text{ KNm/m}$$

1.4.4.2.5.2 Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f * c \text{ bw } d^2} = \frac{35,3 \text{ KNm/m}}{25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} 1\text{m} (0,17\text{m})^2} = 0,048$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

f*c: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente.

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa.

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,048} = 0,049 < kamin = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$Asnec = \frac{ka f * c bw d}{fy} = \frac{0,055 25,5MPa 1000mm 170mm}{420 MPa} = 567,68 \frac{mm^2}{m} = 5,68 \frac{cm^2}{m}$$

Asnec: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

1.4.4.2.5.3 Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon c + \epsilon t)}{d} \rightarrow \epsilon t = \epsilon c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon tu = 5\text{‰}$$

Se verifica.

εt: Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción ≥ εtu = 5‰.

εc: Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción = εcu = 3‰.

1.4.4.2.5.4 Armadura principal superior adoptada

a. Armadura disponible

Se dispone del Trilogic calculado anteriormente para la etapa 1, 1Ø12mm cada 0,4m.

$$Asdisp = \frac{Ag1t}{a} = \frac{1,13cm^2}{0,4m} = 2,83 \frac{cm^2}{m}$$

b. Armadura adicional

$$As_{adic} = As_{nec} - As_{disp} = 5,68 \frac{cm^2}{m} - 2,83 \frac{cm^2}{m} = 2,85 \frac{cm^2}{m}$$

c. Armadura adoptada

Considerando la armadura adicional y la separación máxima s_{lmax} , se adopta entre los trilogic $2\emptyset 10mm$ ($0,79cm^2$), separados uniformemente.

$$As_{adop} = \frac{2 * 0,79 cm^2}{0,4m} = 3,95 \frac{cm^2}{m} > As_{adic} = 2,85 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$s = \frac{a}{n + 1} = \frac{40cm}{2 + 1} = 13,3cm < s_{lmax} = 25cm \rightarrow BC$$

a: Separación entre Trilogic.

n: Número de barras entre Trilogic adoptadas.

1.4.4.1.6 Armadura principal superior – Voladizo

1.1.1.1.1.1 Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \emptyset Mn \geq Mu$$

Md: Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu: Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el voladizo **en etapa 2**.

$$Mu = 8,96 KNm/m$$

$\emptyset$: Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\emptyset = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{8,96 \frac{KNm}{m}}{0,9} = 9,96 KNm/m$$

1.1.1.1.1.2 Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f * c * bw * d^2} = \frac{9,96 \frac{KNm}{m}}{25500 \frac{KN}{m^2} * 1m * (0,17m)^2} = 0,002$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

f*c: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente.

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa.

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,002} = 0,002 < kamin = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$Asnec = \frac{ka f * c bw d}{fy} = \frac{0,055 25,5MPa 1000mm 170mm}{420 MPa} = 567,68 \frac{mm^2}{m} = 5,68 \frac{cm^2}{m}$$

Asnec: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

1.1.1.1.3 Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon c + \epsilon t)}{d} \rightarrow \epsilon t = \epsilon c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon tu = 5\text{‰}$$

Se verifica.

et: Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon tu = 5\text{‰}$.

ec: Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon cu = 3\text{‰}$.

1.1.1.1.1.4 Armadura principal superior adoptada

a. Armadura disponible

Se dispone del Trilogic calculado anteriormente para la etapa 1, 1Ø12mm cada 0,4m.

$$As_{disp} = \frac{Ag_{1t}}{a} = \frac{1,13cm^2}{0,4m} = 2,83 \frac{cm^2}{m}$$

b. Armadura adicional

$$As_{adic} = As_{nec} - As_{disp} = 5,68 \frac{cm^2}{m} - 2,83 \frac{cm^2}{m} = 2,85 \frac{cm^2}{m}$$

c. Armadura adoptada

Considerando la armadura adicional y la separación máxima sl_{max} , se adopta entre los trilogic 2Ø10mm (0,79cm²), separados uniformemente, igual a la armadura superior de los apoyos.

$$As_{adop} = \frac{2 * 0,79 cm^2}{0,4m} = 3,95 \frac{cm^2}{m} > As_{adic} = 2,85 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$s = \frac{a}{n+1} = \frac{40cm}{2+1} = 13,3cm < sl_{max} = 25cm \rightarrow BC$$

a: Separación entre Trilogic.

n: Número de barras entre Trilogic adoptadas = 1

1.4.4.2 Etapa en servicio: Armadura secundaria

Según *CIRSOC 201 – 7.12.1*, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

1.4.4.2.1 Armadura secundaria necesaria

Según *CIRSOC 201 – Tabla 7.12.2.1*: “Cuantía mínima ($\rho = As / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso → *Cuantía mínima*: $\rho = 0,0018$

Observaciones: Para la determinación de la cuantía mínima de la armadura secundaria, si bien se tienen distintos tipos de acero (ADN 420 y ATR 500N) y distintas tensiones de fluencia, se trabaja con la menor estando del lado de la seguridad.

$$As_{sec sec nec} = \rho (h b) = 0,0018 * 20cm * 100cm = 3,6 \frac{cm^2}{m}$$

1.4.4.2.2 Separación máxima de la armadura secundaria

Según *CIRSOC 201* – 7.12.2.2, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{sec\ max} \leq 3\ \text{veces el espesor de la losa (h)} = 3 * 20\text{cm} = 60\text{cm}$$

$$s_{sec\ max} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{sec\ max} = 30\text{cm}$$

1.4.4.2.3 Armadura secundaria adoptada

Se adopta 1Ø8mm cada 10cm como armadura secundaria verificando:

$$As_{sec\ sec\ adop} = 5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > As_{sec\ sec\ nec} = 3,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

1.4.5 VERIFICACION COMO ELEMENTO DE HORMIGON CONSTITUIDO EN ETAPAS

1.4.5.1 Estribos para corte horizontal

1.4.5.1.1 Estribos necesarios

Según *CIRSOC 201* – 17.6, cuando se opte por colocar estribos para transmitir el corte horizontal se deben verificar las siguientes condiciones:

- Separación máxima de estribos

$$sv_{max} \leq 4\ \text{veces la menor dimensión del elemento soportado (hc)} = 4 * 15\text{cm} = 60\text{cm}$$

$$sv_{max} \leq 400\text{mm} = 40\text{cm}$$

$$sv_{max} = 40\text{cm}$$

hc: Espesor o altura de la capa de compresión, hormigón colado in-situ.

- Área de estribos mínima

Según *CIRSOC 201* - 11.5.6.3:

$$\frac{A_{vmin}}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{f'c} \frac{bw}{f_{yt}} \geq 0,33 \frac{bw}{f_{yt}}$$

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para este análisis se considera el ancho de las piezas prefabricadas (a)

→ *bw* = 0,4m = 400mm

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$\sqrt{f'c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3$ MPa. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{30MPa} = 5,48 MPa < 8,3 MPa$$

f_y : Tensión de fluencia especificada da la armadura transversal no tesa, en MPa.
Se

consideran las diagonales de los Trilogic, $f_y = 500$ MPa

$$\frac{A_{vmin}}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{30MPa} \frac{400mm}{500MPa} = 0,27 \frac{mm^2}{mm} \geq 0,33 \frac{400mm}{500MPa} = 0,26 \frac{mm^2}{mm}$$

$$\frac{A_{vmin}}{s} = 0,27 \frac{mm^2}{mm} = 2,7 \frac{cm^2}{m}$$

1.4.5.1.2 Estribos disponibles

Se dispone como estribos para transmitir el corte horizontal a las diagonales del Trilogic, las cuales poseen las siguientes características

$$\frac{A_v}{s} = \frac{4Ad}{s} = \frac{1,12cm^2}{0,2m} = 5,6 \frac{cm^2}{m} > \frac{A_{vmin}}{s} = 2,7 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

A_v : Área de la armadura de corte en una separación s disponible. Se dispone de las diagonales del Trilogic:

$$A_v = 4Ad = 4(0,28cm^2) = 1,12cm^2$$

s : Separación entre los centros de los elementos que constituyen la armadura transversal. Se puede considerar como separación media el paso entre las diagonales, entonces:

$$s = 0,2m = 20cm < s_{vmax} = 40cm \rightarrow BC$$

1.4.5.2 Verificación resistencia al corte horizontal

a. Según CIRSOC 201 – 17.5.2 se debe verificar que:

$$d \geq 0,8 h \rightarrow 17cm > 0,8 * (20cm) = 16cm \rightarrow BC$$

d : Distancia desde la fibra extrema comprimida hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada tesa o no tesa.

h : Espesor o altura total de la sección transversal.

b. Según CIRSOC 201– 17.5.3 se debe verificar que

$$Vdh = \emptyset Vnh \geq V_u$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201* – 9.3.2.3 = 0,75

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada, en N. Se toma el valor más desfavorable. Se considerará en un ancho $b_v=0,4m$. El máximo esfuerzo de corte mayorado en la etapa 2 es:

$$V_u = 70,72 \frac{KN}{m} * 0,4m = 28,29KN = 28288N$$

V_n : Resistencia nominal al corte horizontal. Según *CIRSOC 201* – 17.5.3.3, cuando se coloquen estribos mínimos de acuerdo con lo indicado con el artículo 17.6 y las superficies de contacto estén limpias, libres de lechada y se haya hecho intencionalmente rugosas con una profundidad aproximada de 5mm, la resistencia al corte V_{nh} es:

$$V_{nh} = (1,8 + 0,6 \rho_v f_{yt}) \lambda b_v d \leq 3,5 b_v d$$

ρ_v : Relación entre el área de estribos y el área de la superficie de contacto: $A_v/b_v s$.

$$\rho_v = \frac{A_v}{b_v s} = 5,6 \frac{cm^2}{m} \frac{1}{0,4m} = 14 \frac{cm^2}{m^2} \frac{1m^2}{100cm^2} = 0,0014$$

f_{yt} : Tensión de fluencia especificada de la armadura transversal no tesa, en MPa.

Se consideran las diagonales de los Trilogic = 500MPa

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para este análisis se considera el ancho de las piezas prefabricadas (a).

λ : Factor de modificación relacionado con la densidad del hormigón. Según *CIRSOC 201*– 11.7.4.3 para hormigón de densidad normal =1

$$V_{nh} = (1,8 + 0,6 (0,0014)(500))(1)(400mm)(170mm) \leq 3,5 * 400mm * 170mm \\ \rightarrow 150960N \leq 238000N$$

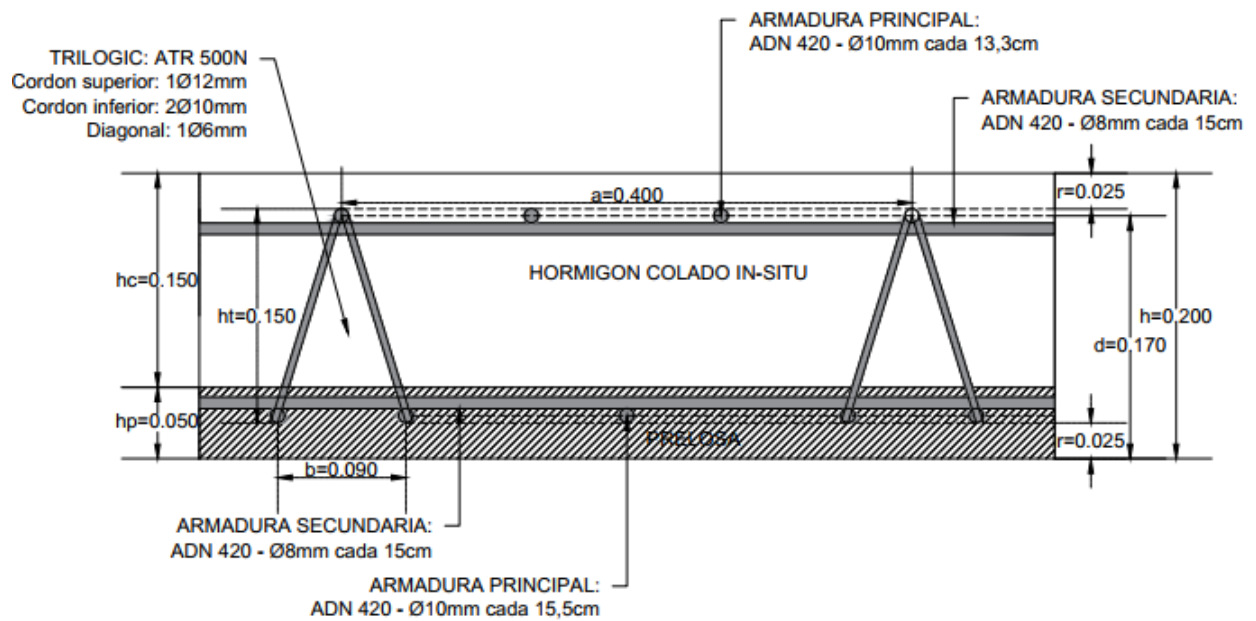
$$V_{dh} = 0,75 * 150960N = 113220N > V_u = 28288N$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

1.5 ESQUEMA RESUMEN



2. VIGAS PRINCIPALES

2.1. DATOS

2.1.1. DISEÑO

Viga de hormigón pretensado postesado con adherencia.

Clase de exposición A3.

Simplemente apoyadas en estribos y pilas.

Hormigón:

- H-35:
Clase de elemento pretensado T (transición)
Resistencia a la compresión (28 días) $f'c = 35 \text{ MPa}$
Módulo de elasticidad (28 días) $E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 27806 \text{ MPa}$
Resistencia a la compresión (momento de tesado) $f'ci = 0,7 (35 \text{ MPa})$
Módulo de elasticidad (momento de tesado) $E_{ci} = 4700 \sqrt{f'ci} = 23264 \text{ MPa}$

Acero

- Armadura activa C-1900:
Cordón de 7 alambres
Diámetro de cordón $d_n = 12,7 \text{ mm}$
Sección de cordón $A_{ps1} = 98,7 \text{ mm}^2 = 9,87 \times 10^{-5} \text{ m}^2$
Resistencia a la tracción $f_{pu} = 1864 \text{ MPa}$
Límite de fluencia $f_y = 1682 \text{ MPa}$
Módulo de elasticidad $E_{ps} = 195000 \text{ MPa}$
- Armadura pasiva ADN 420

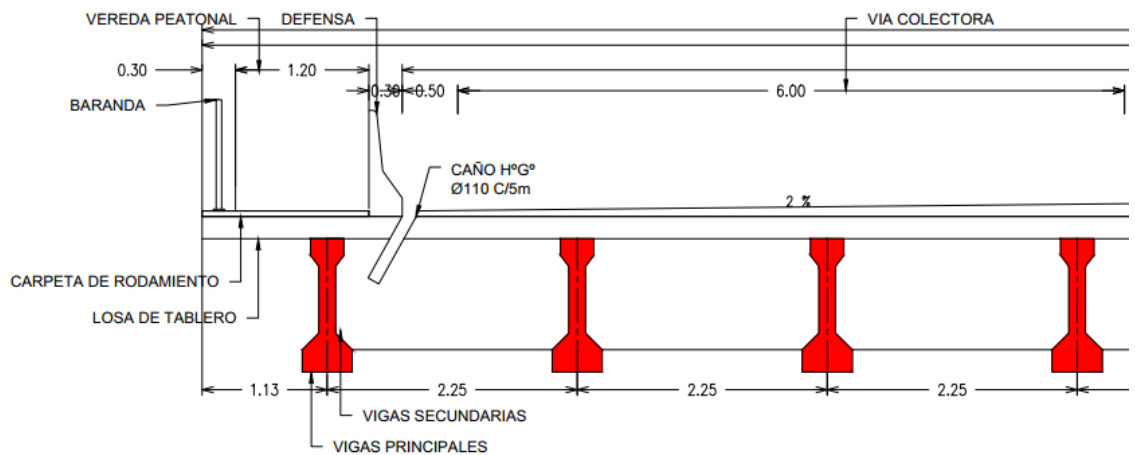


FIG. VI.2.1: Diseño vigas principales – FUENTE: Elaboración propia

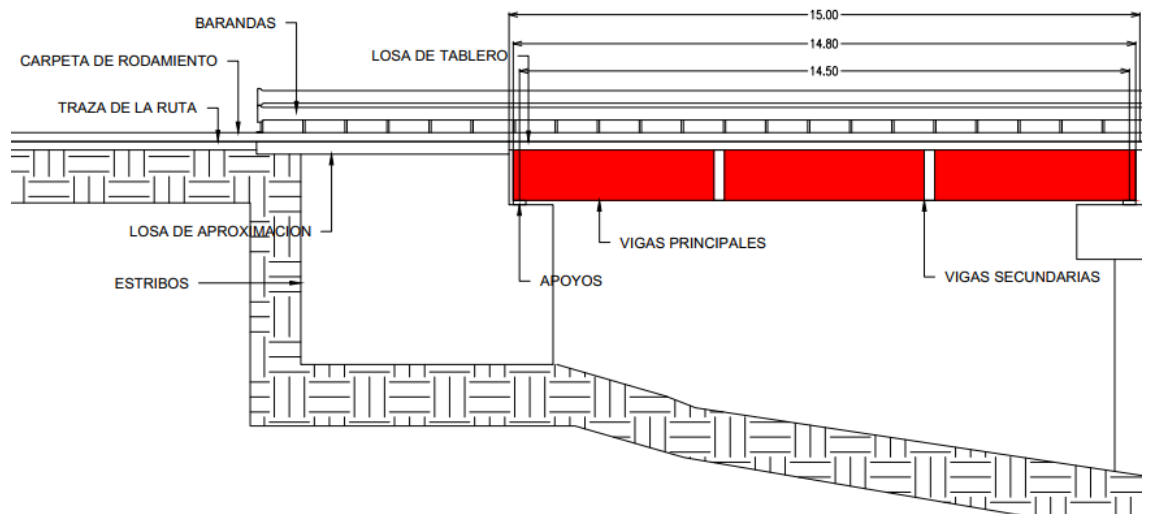


FIG. VI.2.2: Diseño vigas principales – FUENTE: Elaboración propia

2.1.2. LUCES DE CÁLCULO

La luz de la viga es de 15m, sin embargo, como lo indica BCPHA (DNV) – B.5.B.I, la luz de cálculo es:
 $l_{cal} = l_c = 14,5m$

l_{cal} : Luz de cálculo.

l_c : Luz entre centro de apoyo.

2.2. ANÁLISIS DE CARGAS

2.2.1. CARGAS PERMANENTES

2.2.1.1. Peso propio viga principal

Se realiza el cálculo estimando el peso propio de la viga principal teniendo como referencia el trabajo realizado por un profesional para un puente de vigas principales de dimensiones similares “RNN°11 Puente sobre rio Negro - Ing. Manuel Álvarez”. Para ese caso:

$$ppvp = 5,75 \frac{KN}{m}$$

2.2.1.2. Peso propio losa de tablero

$$pplt = \frac{bt \cdot ht \cdot \gamma H^\circ A^\circ}{n^\circ vp} = \frac{36m \cdot 0,2m \cdot 25 \frac{KN}{m^3}}{16} = 11,25 \frac{KN}{m}$$

2.2.1.3. Peso propio viga secundaria

$$ppvs = \frac{1}{n^\circ vp} \left(\frac{n^\circ vs Pvs}{Lvp} \right) = \frac{1}{16} \left(\frac{2 * \left(33,75m * 0,35m * 1,2m * 25 \frac{KN}{m^3} \right)}{14,8m} \right) = 3 \frac{KN}{m}$$

Pvs : Peso de viga secundaria.

2.2.1.4. Peso propio carpeta de rodamiento

$$ppcr = \frac{bcr \cdot hcr \cdot \gamma_{CA}}{n^{\circ}vp} = \frac{33m \cdot 0,21m \cdot 22 \frac{KN}{m^3}}{16} = 9,76 \frac{KN}{m}$$

2.2.1.5. Peso propio vereda

$$ppver = \frac{2 (ppcr + ppb)}{n^{\circ}vp} = \frac{2 \left(0,05m \cdot 1,5m \cdot \frac{22KN}{m^3} + 1,5m \cdot 0,1 \frac{KN}{m^2} \right)}{16} = 0,225 \frac{KN}{m}$$

2.2.1.6. Peso propio TOTAL

$$pp = ppvp + ppt + ppvs + ppcr + ppver = 31,5 \frac{KN}{m}$$

2.2.2. IMPACTO

Según *BCPHA A.2.C*, para el cálculo de los esfuerzos originados por la sobrecarga, la misma debe ser afectada por un coeficiente de impacto según la *Tabla N°2 (FIGURA VI.1.16)* del mismo capítulo. A la multitud compacta sobre veredas no se le debe aplicar este factor.

También se deben calcular sin impacto las tensiones en la infraestructura y la fundación.

Para viga principal que íntegramente forma parte del tablero:

$$\phi = 1,2$$

2.2.3. SOBRECARGA ACCIDENTAL

Según *BCPHA (DNV) A.2.B*, el puente es de categoría A-30 (aplanadora 30Tn.), ya que pertenece a la red nacional y está sometido a tránsito de vehículos pesados.

Correspondiendo las siguientes sobrecargas.

2.2.3.1. Sobrecarga en las veredas

$$\text{Para A-30} \rightarrow MCV = 4 \frac{KN}{m^2}$$

$$mcv = \frac{MCV \cdot bv}{n^{\circ}vp} = \frac{4 \frac{KN}{m^2} \cdot 2 \cdot 1,5m}{16} = 0,75 \frac{KN}{m}$$

2.2.3.2. Multitud compacta

$$\text{Para A-30} \rightarrow MC = 6 \frac{KN}{m^2}$$

$$mc = \frac{MC \cdot b \cdot \phi}{n^{\circ}vp} = \frac{6 \frac{KN}{m^2} \cdot 33m \cdot 1,2}{16} = 14,85 \frac{KN}{m}$$

2.2.3.3. Aplanadora

Se considera la carga del rodillo trasero y delantero de la aplanadora por separado, según las aéreas de influencia de cada uno, suponiendo la situación más crítica de 8 aplanadoras (dos en cada sentido de circulación y dos en cada colectora).

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

a. Rodillo delantero

Para A-30 → Carga en el rodillo delantero = 130 kN

$$Pd = \frac{8 \varphi (Rd - 2,5m * 3m * MC)}{n^{\circ}vp} = \frac{8 * 1,2 * \left(130kN - 2,5m * 3m * 6 \frac{kN}{m^2}\right)}{16} = 51 kN$$

b. Rodillo trasero

Para A-30 → Carga en el rodillo trasero = 2(85kN)= 170 kN

$$Pt = \frac{8 \varphi (Rt - 2,5m * 3m * MC)}{n^{\circ}vp} = \frac{8 * 1,2 * \left(170kN - 2,5m * 3m * 6 \frac{kN}{m^2}\right)}{16} = 75 kN$$

2.3. SOLICITACIONES

2.3.1. CARGAS PERMANENTES D

Se determinarán las solicitaciones para cada estado con las distintas cargas distribuidas para diferentes secciones que serán de interés en las siguientes verificaciones.

Se tendrán distintos estados por carga permanentes que tendrán que ver con las distintas etapas que pasará la viga principal hasta llegar a su condición de servicio:

Estado 1: Transporte y colocación in situ

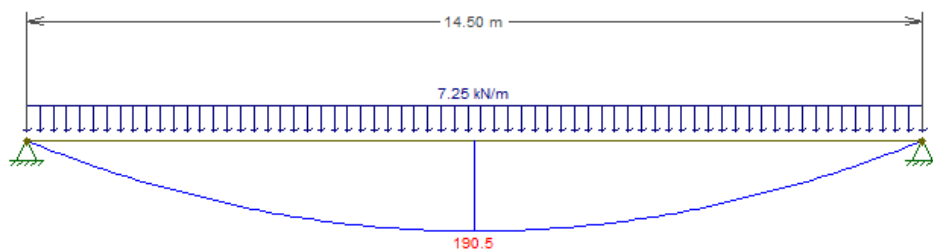
Estado 2: Colado del hormigón de la losa de tablero y las vigas secundarias in situ

Estado 3: Cargas permanentes luego del colado del tablero

Total: Puente en servicio

2.3.1.1. Estado 1: Prefabricación

$$q = ppvp = 7,25 \frac{kN}{m} l = 14,5m$$



Md1= 190,5 kNm/m

Vd1= 52,6 kN/m

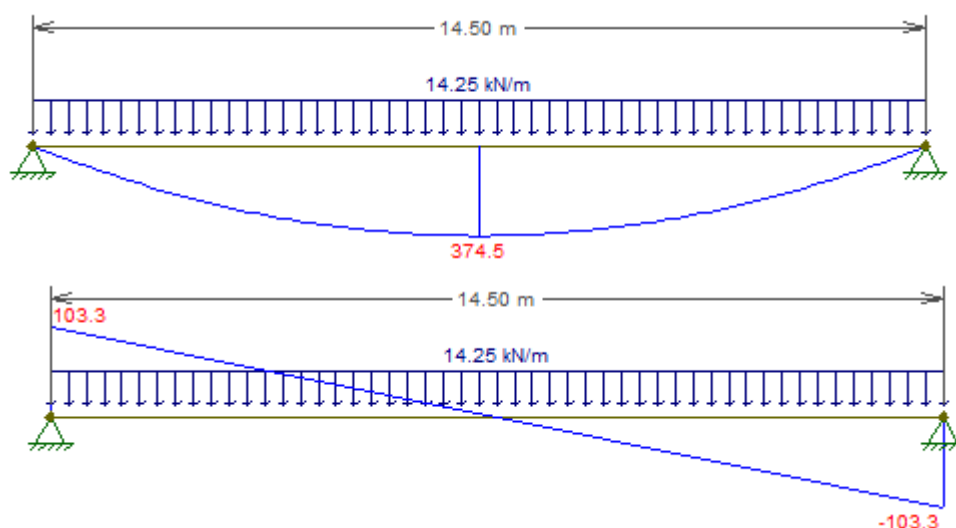
TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.3.1.2. Estado 2: Construcción

$$q = p_{plt} + p_{pvs} = 11,25 \frac{KN}{m} + 3 \frac{KN}{m} = 14,25 \frac{KN}{m} \quad l = 14,5m$$

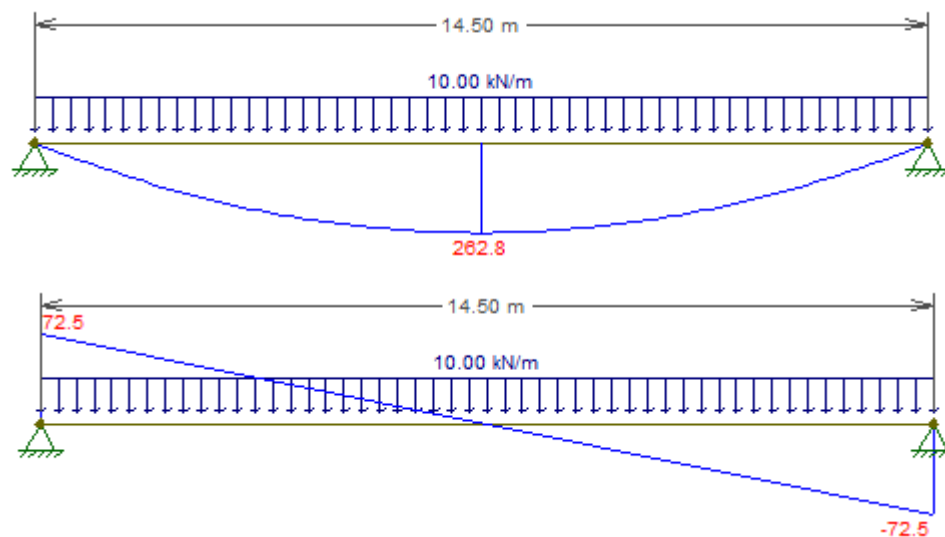


$$Md2 = 374,5 \text{ KNm/m}$$

$$Vd2 = 103,3 \text{ KN/m}$$

2.3.1.3. Estado 3: Cargas permanentes luego del colado del tablero

$$q = p_{pcr} + p_{pver} = 9,76 \frac{KN}{m} + 0,225 \frac{KN}{m} = 10 \frac{KN}{m} \quad l = 14,5$$



$$Md3 = 262,8 \text{ KNm/m}$$

$$Vd3 = 72,5 \text{ KN/m}$$

2.3.1.4. Solicitaciones totales: Puente en servicio

$$q = p_{ptot} = p_{pvp} + p_{plt} + p_{pvs} + p_{pcr} + p_{pv}$$

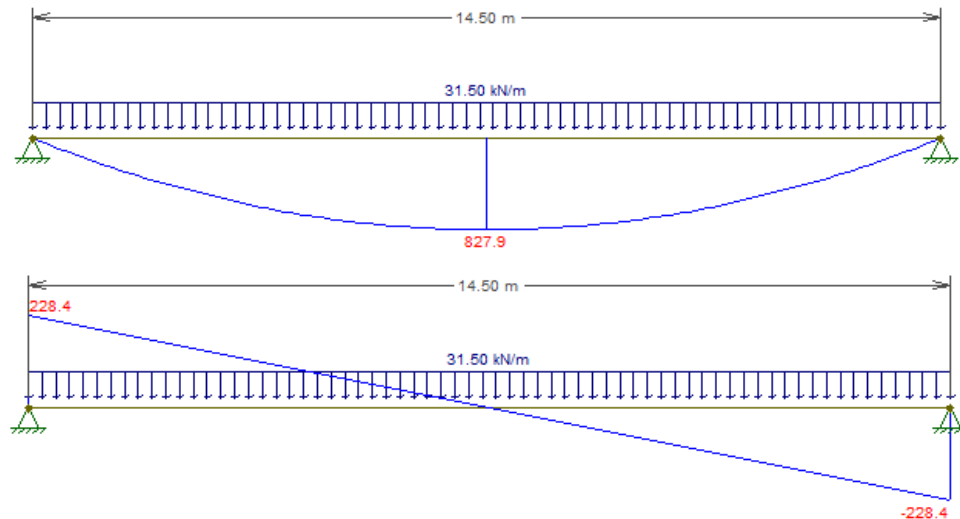
$$= (7,25 + 11,25 + 3 + 9,76 + 0,225) \frac{KN}{m} = 31,5 \frac{KN}{m}$$

$$l = 14,5m$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$Md4 = 827,9 \text{ KNm/m}$$

$$Vd4 = 228,4 \text{ KN/m}$$

2.3.2. SOBRECARGAS ACCIDENTALES L

Para la determinación de las máximas solicitaciones, se debe considerar distintas posiciones de la aplanadora, por ello se consideran los siguientes estados:

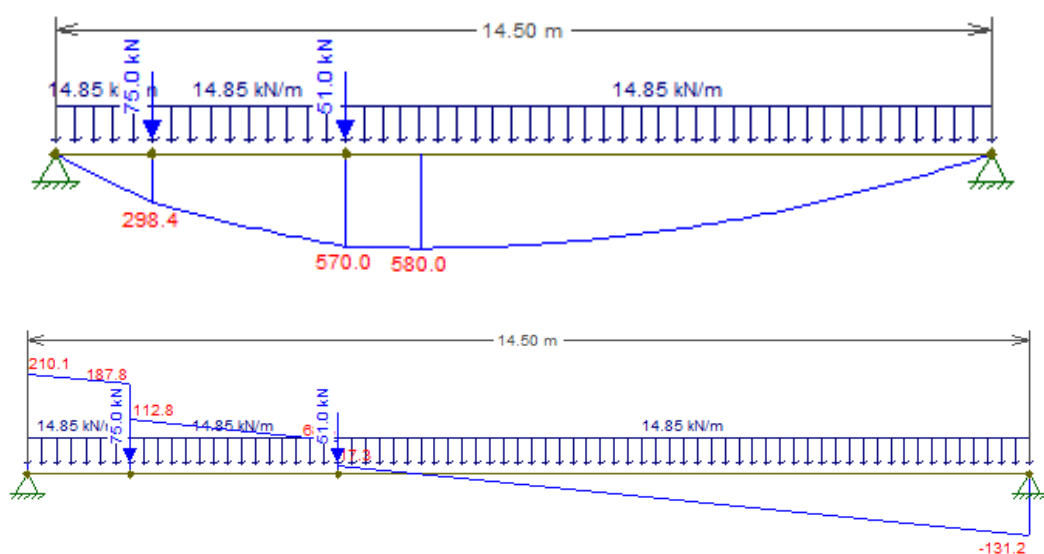
Estado 1: Aplanadora en el extremo izquierdo

Estado 2: Aplanadora en el centro de la viga (máximo momento flector)

Estado 3: Aplanadora en el extremo derecho

Todos los estados tienen en cuenta la multitud compacta en calzada (la peor condición por sobre la multitud compacta de vereda)

Los rodillos están separados a 3m. y se considera una distancia de 1,5m desde los rodillos hasta el extremo de la aplanadora.



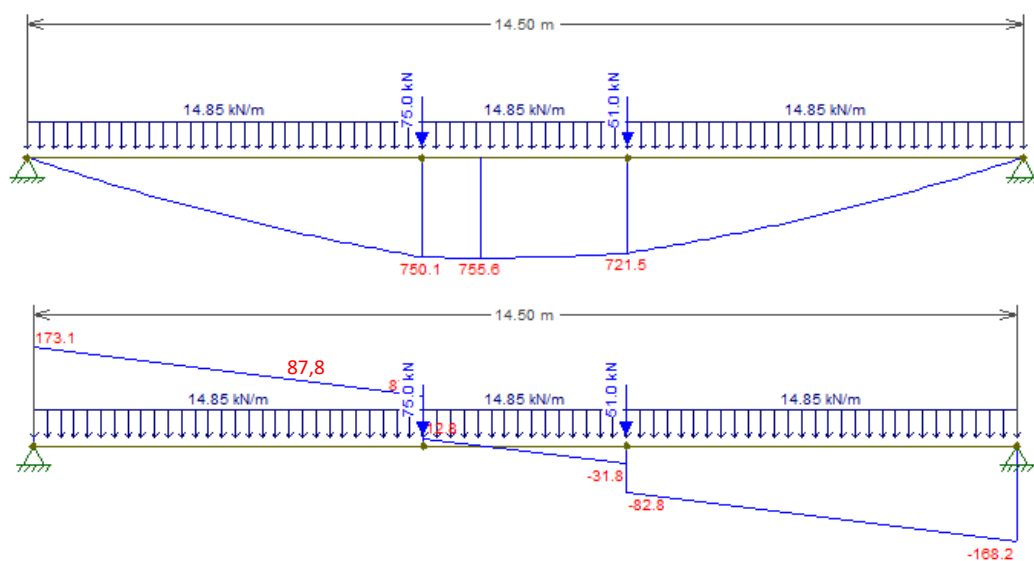
$$Ml1 = 580 \text{ KNm/m}$$

$$Vl1 = 210,1 \text{ KN/m}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

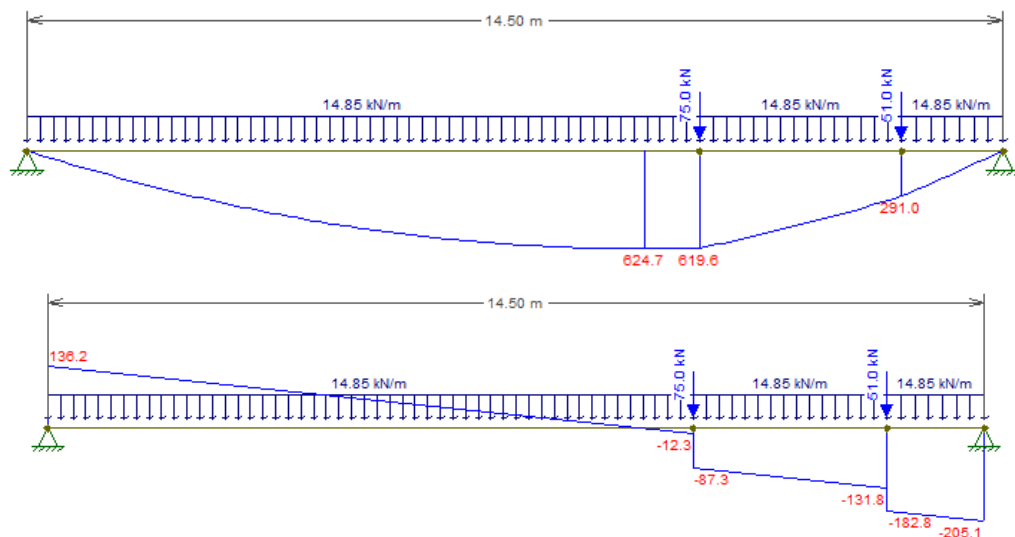
DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



MI2= 755,6 kNm/m

VI2= 173,1 kN/m



MI3= 624,7 kNm/m

VI3= 205,1 kN/m

RESUMEN SOLICITACIONES

MD1	VD1	MD2	VD2	MD3	VD3	MLmax	VLmax
190,5 kNm	52,6 kN	374,5 kNm	103,3 kN	262,8	72,5 kN	755,6 kNm	210,1 kN
0,191 MNm	0,053 MN	0,375 MNm	0,103 MN	0,263 MNm	0,073 MN	0,756 MNm	0,210 MN

2.4. PRE DIMENSIONAMIENTO DE LA SECCION

2.4.1. POR RECOMENDACIONES DE AAHP

Según AAHP (Asociación Argentina de hormigón pretensado) – “Norma para la tipificación de vigas de hormigón pretensado pre moldeadas para puentes carreteros (diciembre, 1973)”, para L=15m recomienda

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

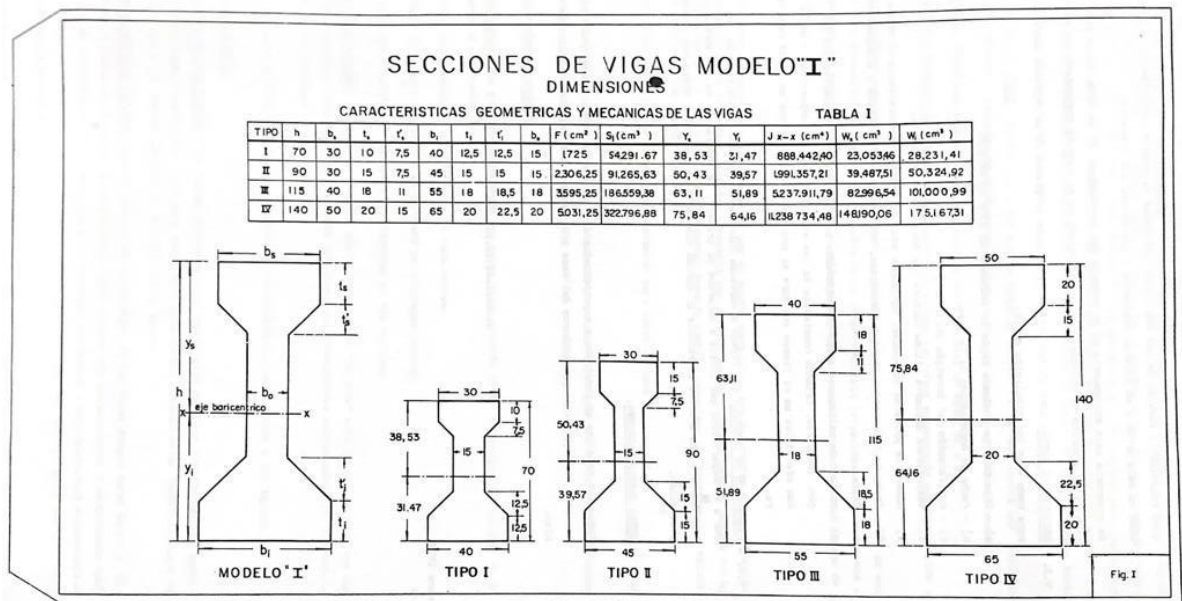


FIGURA VI.2.3: Secciones modelo viga I – Fuente: Norma para la tipificación de vigas de hormigón pretensado pre moldeadas para puentes carreteros [FOLL] – Asociación Argentina del Hormigón Pretensado (AAHP)

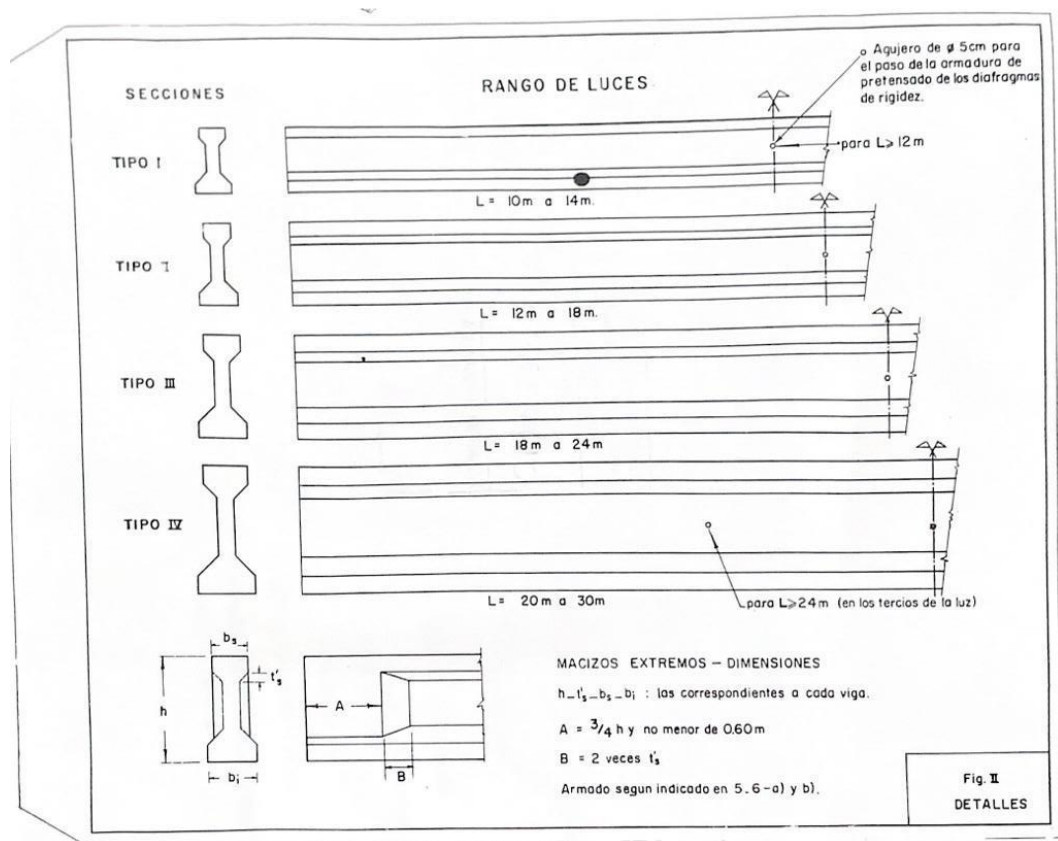


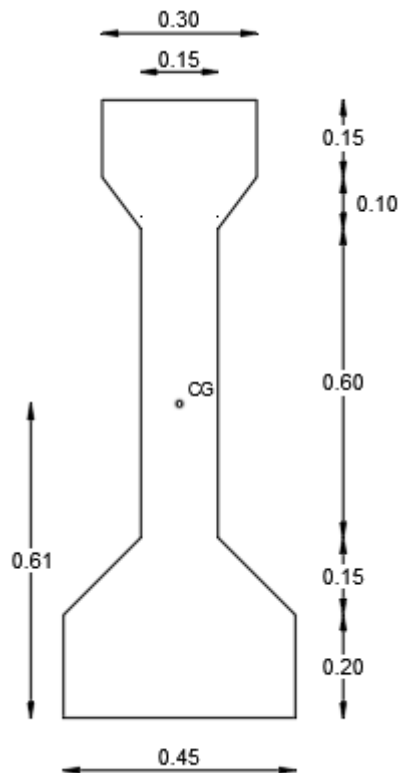
FIGURA VI.2.4: Secciones modelo viga I – Fuente: Norma para la tipificación de vigas de hormigón pretensado pre moldeadas para puentes carreteros [FOLL] – Asociación Argentina del Hormigón Pretensado (AAHP)

TRABAJO FINAL DE CARRERA

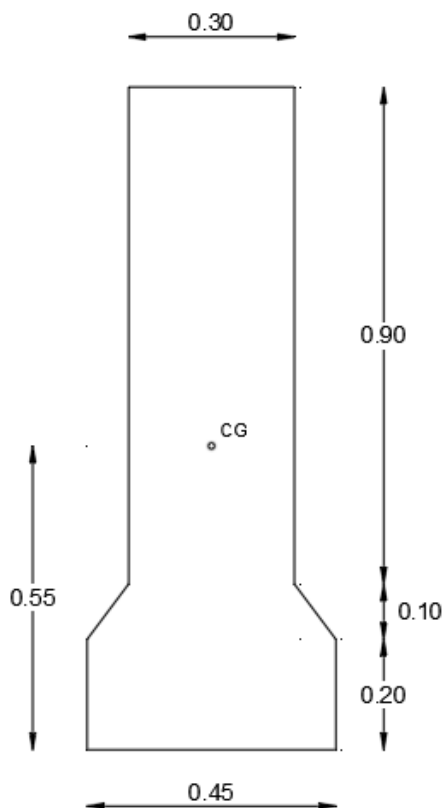
DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.4.2. SECCIÓN DE VIGA PRINCIPAL ADOPTADA



$$\begin{aligned}A1 &= 0,29 \text{ m}^2 \\I1 &= 0,048 \text{ m}^4 \\y1i &= 0,61 \text{ m} \\y1s &= 0,59 \text{ m} \\W1i &= 0,079 \text{ m}^3 \\W1s &= 0,081 \text{ m}^3\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}A1a &= 0,4 \text{ m}^2 \\I1a &= 0,051 \text{ m}^4 \\y1ai &= 0,55 \text{ m} \\y1as &= 0,65 \text{ m} \\W1ai &= 0,093 \text{ m}^3 \\W1as &= 0,078 \text{ m}^3\end{aligned}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.4.3. VERIFICACIÓN DE PESO PROPIO ADOPTADO EN ANALISIS DE CARGA

$$ppvp = 0,29 \text{ m}^2 * 25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} = 7,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}} = ppvp \text{ adoptado} = 7,25 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \rightarrow BC$$

2.4.4. ANCHO COLABORANTE DE LA LOSA DE TABLERO

Según CIRSOC 201 (versión 2005) – 8.10.2, para viga T bajo losa:

$$bizq \text{ der} \leq 8hf = 8 * 0,2\text{m} = 1,6\text{m}$$

$$bizq \text{ der} \leq \frac{\text{Distancia libre entre vigas}}{2} = \frac{(llosa - bs)}{2} = \frac{(2,25\text{m} - 0,3\text{m})}{2} = 0,975$$

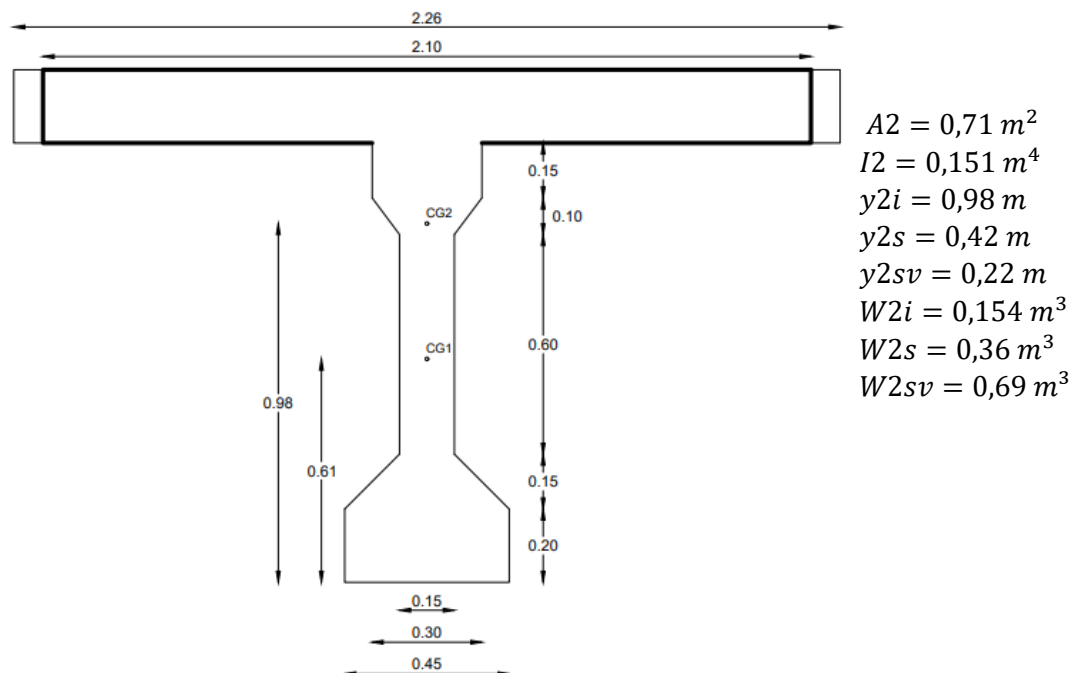
En el extremo del voladizo solo disponemos de

$$lvol - \frac{bs}{2} = 1,13\text{m} - \frac{0,3\text{m}}{2} = 0,98\text{m}$$

Las calidades de hormigón de losa (H-30: $EI = 25.743\text{MPa}$) y de viga principal (H-35: $Ev = 27.806\text{MPa}$) son distintas, por lo que se debe homogeneizar la sección compuesta. Finalmente, el ancho colaborante homogeneizado es:

$$bl = \frac{EI}{Ev} (bizq + bs + bder) = \frac{25743\text{MPa}}{27806\text{MPa}} (0,98\text{m} + 0,3\text{m} + 0,98\text{m}) = 2,1\text{m}$$

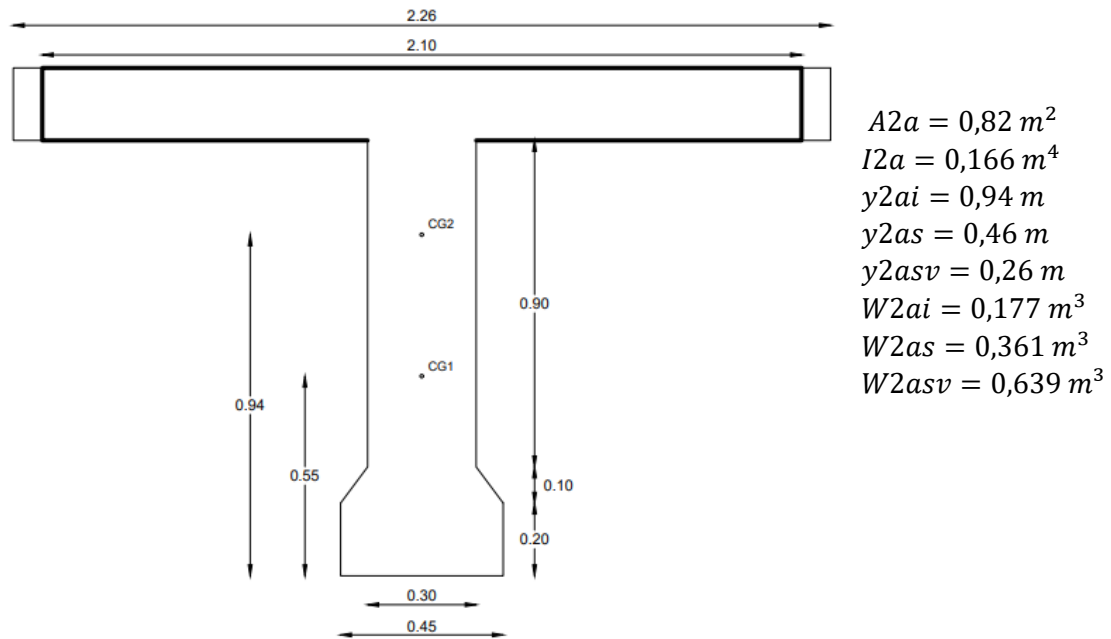
2.4.5. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA SECCIÓN COMPUESTA ADOPTADA



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



2.4.6. RECUBRIMIENTO MÍNIMO

Según *CIRSOC 201*– Tabla 7.7.3: “Recubrimientos mínimos para hormigón prefabricado (elaborado en condiciones de control en plana) para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón que una vez desencofrado está en contacto con el suelo o expuesto al aire libre
- Otros elementos (no tabique)
- Para cables de pretensado con $d_b \leq 15 \text{ mm}$

$$r_{min} = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es A3, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{A3min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 20 \text{ mm} = 26 \text{ mm} = 2,6 \text{ cm}$$

Según *CIRSOC 201* – 7.7.5.1, para elementos de hormigón pretensado clasificado como Clase T expuestos a ambientes agresivos o corrosivos, o a otras clases severas de exposición el recubrimiento mínimo de la armadura pretensada se deberá incrementar un 50%.

$$r_{minP} = 1,5r_{A3min} = 1,5 * 26 \text{ mm} = 39 \text{ mm} = 3,9 \text{ cm}$$

$$r_{inf} = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm} > r_{A3min} = 3,9 \text{ cm}$$

$$r_{lat} = 40 \text{ mm} = 4 \text{ cm} > r_{A3min} = 3,9 \text{ cm}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.4.7. VAINA

Según PRECON S.R.L. – “Manual técnico de sistema de pretensado PRECON” se supone un diámetro de vaina $d_{vaina} = 60mm$, el cual es capaz de alojar como máximo 10 cordones. Se pretenderá no superar este valor de número de cordones por cable, para mantener este diámetro de vaina.

2.4.8. EXCENTRICIDAD

Suponiendo un diámetro de estribos $d_{estribo} = 8mm$, entonces la distancia d desde el borde inferior de la viga pretensada hasta el baricentro de la armadura activa es:

$$d = r_{inf} + d_{estribo} + \frac{d_{vaina}}{2} = 40mm + 8mm + \frac{60mm}{2} = 78mm = 7,8cm$$

La excentricidad de la armadura activa, en el centro del tramo de la viga principal es:

$$e_1 = y_{1i} - d = 0,61m - 0,08m = 0,53m$$

La excentricidad de la armadura activa, en el centro del tramo de la sección compuesta es:

$$e_2 = y_{2i} - d = 0,98m - 0,08m = 0,9m$$

2.5. PRETENSADO EN FLEXIÓN

2.5.1. RESUMEN SOLICITACIONES – FLEXION EN L/2

MOMENTOS FLECTORES - VIGA PRINCIPAL			
En el momento de tesado		Luego de las perdidas	
Prefabricacion	Construccion	C. Permanentes	Sobrecargas
190,5 KNm/m	374,5 KNm/m	262,8 KNm/m	755,6 KNm/m
0,191 MNm/m	0,375 MNm/m	0,263 MNm/m	0,756 MNm/m

2.5.2. TENSIONES DE TRABAJO f_{bi} en L/2

VERIFICACION A FLEXION - TENSIONES DE TRABAJO [MPa]					
Vibra	En el momento de tesado		Luego de las perdidas		Total
	Prefabricacion	Construccion	Permanentes	Sobrecargas	
Superior S.C			-0,73	-2,10	-2,83
Superior VIGA	-2,36	-4,63	-0,38	-1,10	-8,46
Inferior	2,42	4,75	1,71	4,91	13,78

2.5.3. TENSIONES ADMISIBLE

2.5.3.1. En el hormigón f_{badm}

Según CIRSOC 201 – 18.4.1 y 18.4.2:

TENSIONES ADMISIBLES EN EL HORMIGON		Expresion reglamentaria	Valor en Mpa
En el momento de tesado	Compresion	$0,6 f'_{ci}$	14,7
	Traccion en apoyos simples	$0,5 \sqrt{f'_{ci}}$	2,47
	Traccion	$0,25 \sqrt{f'_{ci}}$	1,24
Luego de las perdidas	Compresion cargas permanentes	$0,45 f'_{ci}$	15,75
	Compresion cargas permanentes	$0,6 f'_{ci}$	21
	Traccion (CLASE T)	$\sqrt{f'_{ci}}$	5,92

2.5.3.2. En el acero de pretensado f_{ps}

Según CIRSOC 201 – 18.5.1:

- Por acción directa del gato: Mínimo ($0,80 f_{pu}$; $0,94 f_{py}$) = 1491MPa
- Instante de transferencia: Mínimo ($0,74 f_{pu}$; $0,82 f_{py}$) = 1379MPa
- Instante de transferencia, en anclajes (postesado) para $t=0$: $0,70 f_{pu}$ = 1305MPa

2.5.4. FUERZA DE PRETENSADO

Se analizan las tensiones del hormigón en la fibra inferior de la sección en el centro del tramo (para la totalidad de las cargas en el tiempo $t=\infty$), para que no se supere la tensión de tracción admisible se debe cumplir:

$$-\frac{Pe}{A1} - \frac{Pe e1}{W1i} + f_{bi} l/2 \leq f_{badm} \text{ tra } t = \infty$$

$$-Pe \left(\frac{1}{A1} - \frac{e1}{W1i} \right) \leq f_{badm} \text{ tra } t = \infty + f_{bi} l/2$$

$$Pe \geq \frac{f_{bi} \frac{l}{2} - f_{badm} \text{ tra } t = \infty}{\left(\frac{1}{A1} + \frac{e1}{W1i} \right)} = \frac{13,78 \text{ MPa} - 5,92 \text{ MPa}}{\left(\frac{1}{0,29 \text{ m}^2} + \frac{0,53 \text{ m}}{0,079 \text{ m}^3} \right)} = 0,77 \text{ MN}$$

Se adopta como fuerza de tesado efectiva (luego de las pérdidas) P_e :

$$P_e = 0,8 \text{ MN} = 800 \text{ KN}$$

Si se considera un porcentaje de pérdidas totales del $\Delta P = 10\%$, la fuerza de tesado total (antes de las pérdidas) P es:

$$P = 1,1 P_e = 1,1 * 0,8 \text{ MN} = 0,88 \text{ MN} = 0,9 \text{ MN} = 900 \text{ KN}$$

2.5.5. SECCIÓN DEL TENSOR

Se analizan las tensiones del acero de pretensado en el instante de transferencia, para que no se supere la tensión admisible se debe cumplir:

$$\frac{P}{A_{ps}} = \frac{P}{N^{\circ} \text{cordones } A_{ps1}} \leq f_{ps \text{ adm}}$$

$$N^{\circ} \text{cordones} \geq \frac{P}{f_{ps \text{ adm}} A_{ps1}} = \frac{0,9 \text{ MN}}{1305 \text{ MPa } (9,87 \times 10^{-5} \text{ m}^2)} = 7$$

Se adoptan 2 cables de 5 cordones cada uno, en total:

$$N^{\circ} \text{ cables} = 2 \rightarrow N^{\circ} \text{ cordones} = 10 \rightarrow A_{ps} = N^{\circ} \text{ cordones } A_{ps1} = 10 * (9,87 \times 10^{-5} \text{ m}^2) = 9,87 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Número de cordones por cable Es $5 < 10 \rightarrow$ Diámetro de vaina $d_{vaina} = 60 \text{ mm}$.

2.5.6. TRAZADO DEL CABLE. COMPROBACIÓN DE EXCENRICIDAD ADOPTADA

2.5.6.1. Comprobación de la excentricidad adoptada

$$K_s = \frac{W_{1i}}{A_1} = \frac{0,079 \text{ m}^3}{0,29 \text{ m}^2} = 0,27 \text{ m} \quad K_i = \frac{W_{1s}}{A_1} = \frac{0,081 \text{ m}^3}{0,29 \text{ m}^2} = 0,28 \text{ m}$$

Según la tabla, las tensiones de trabajo máximas y mínimas son:

$$f_{bi \text{ max}} = f_{bi \text{ per}} + f_{bi \text{ sob}} = 13,78 \text{ MPa}$$

$$f_{bsv \text{ min}} = f_{bsv \text{ per}} = 7,37 \text{ MPa}$$

$$e_{\text{min}} = -K_s + \frac{W_{1i}}{P_e} f_{b \text{ adm tra}} - \frac{W_{1i}}{P_e} f_{bi \text{ max}} = -0,27 \text{ m} - \frac{0,079 \text{ m}^3}{0,8 \text{ MN}} 5,92 \text{ MPa} + \frac{0,079 \text{ MPa}}{0,8 \text{ MN}} 13,78 \text{ MPa} = 0,5 \text{ m}$$

$$e_{\text{max}} = K_i + \frac{W_{1s}}{P_e} f_{bsv \text{ min}} = 0,28 \text{ m} + \frac{0,081}{0,85 \text{ MN}} 7,37 \text{ MPa} = 1 \text{ m}$$

$$e_{\text{min}} = 0,5 \text{ m} < e_1 = 0,53 < e_{\text{max}} = 1 \text{ m} \rightarrow BC$$

2.5.6.2. Ecuación del trazado del cable

$$A = -\frac{4(y_{i1A} - d)}{l^2} = \frac{4(0,55 \text{ m} - 0,078 \text{ m})}{(14,8 \text{ m})^2} = -0,0086 \frac{1}{\text{m}}$$

$$B = \frac{4(y_{i1A} - d)}{l} = \frac{4(0,55 \text{ m} - 0,078 \text{ m})}{14,8 \text{ m}} = 0,128$$

$$y = \left(-0,009 \frac{1}{\text{m}}\right) x^2 + (0,13)x$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

TRAZADO DEL CABLE MEDIO	
x (m)	y (m)
0	0,000
0,6	0,074
2	0,222
4	0,374
6	0,458
8	0,474
10	0,420
12	0,298
14	0,106
14,8	0,000

2.5.6.3. Separación entre cables

Según *CIRSOC 201 – 7.6.7.1*, la separación mínima entre los centros de cables de pretensado en el apoyo, para cordones es

$$f'ic = 24,5MPa < 28MPa \rightarrow smin = 4 db = 4(1,27cm) = 5,08cm.$$

- Separación horizontal en el tramo

$$shor = \frac{bi - 2rlat - dvaina}{n^{\circ}cables - 1} = \frac{45cm - 2 * 4cm - 6cm}{2 - 1} = 31cm > smin = 5,08cm$$

- Separación vertical en el apoyo

Según *PRECON S.R.L. – “Manual técnico de sistema de pretensado PRECON”* es recomendable en el apoyo una separación mínima igual al ancho de la placa de anclaje mas 2cm, por lo que se ha adoptado una separación adecuada para cumplir con esta recomendación, considerando un ancho de placa de anclaje igual a 25cm.

$$sver = hanc + 2cm = 25cm + 2cm = 27cm > smin = 5,08cm$$

2.5.7. PÉRDIDAS DE TESADO

2.5.7.1. Pérdidas instantáneas

2.5.7.1.1. Pérdidas por fricción: FR (Friction in tendons)

$$\Delta PFR = Ppj \left[1 - e^{-(k lpx + \mu p \alpha px)} \right]$$

Ppj: Fuerza de tesado en el extremo del cable desde donde se efectúa el tesado.

k: Coeficiente de desviación accidental (rozamiento parásito o rozamiento en recta) por metro lineal de cable.

lpx: Longitud del cable medido desde el extremo desde donde se efectúa el pretensado.

μp: Coeficiente de fricción por curvatura.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

α_{px} : Desviación angular, en valores absolutos medidas en radianes, que se produce en el cable a lo largo de l_{px} .

- Según tabla C.18.6.2 CIRSOC 201 (versión 2005), para cables inyectados en vainas metálicas y cordón de 7 alambres:

$$0,0016 \leq k \leq 0,0066 \rightarrow \text{Adoptamos } k = 0,002 \frac{1}{m}$$
$$0,15 \leq \mu_{px} \leq 0,25 \rightarrow \text{Adoptamos } \mu_{px} = 0,2 \frac{1}{rad}$$

- La fuerza de tesado (incluyendo las pérdidas) en cada cable es:

$$P_{pj} = \frac{P}{n^{\circ} cables} = \frac{0,9 MN}{2} = 0,45 MN$$

- Se trabaja en $l_{px} = \frac{L}{2} = \frac{14,8m}{2} = 7,4m$ donde mayores serán las pérdidas.

- Las desviaciones angulares se determinan según la siguiente fórmula:

$$\alpha_{px} = \frac{4fi}{L}$$

- Según se observa:

$$f1 = y1ai - d - \frac{sver}{2} = 0,55m - 0,078m - \frac{0,27}{2} = 0,337m \quad f2 = f1 + 0,27m = 0,607m$$

$$\alpha1 = \frac{4 * 0,337m}{14,8m} = 0,091 rad \quad \alpha2 = \frac{4 * 0,607m}{14,8m} = 0,164 rad$$

$$\Delta PFR1 = 0,45 MN * [1 - e^{-(0,002 * 7,4m + 0,2 * 0,091)}] = 0,015 MN$$

$$\Delta PFR2 = 0,45 MN * [1 - e^{-(0,002 * 7,4m + 0,2 * 0,164)}] = 0,021 MN$$

$$\Delta PFR = \Delta PFR1 + \Delta PFR2 = 0,036 MN$$

2.5.7.1.2. Pérdidas por acortamiento elástico: ES (Elastic shortening of concrete)

$$ES = Kes Eps \frac{f_{cir}}{E_{ci}}$$

Kes : Para elementos postesados, factor que tiene en cuenta el tesado de los cables según un orden en forma consecutiva.

f_{cir} : Tensión de compresión neta en el hormigón a nivel del centro de gravedad de los elementos tensores inmediatamente después de haberse aplicado la totalidad del pretensado.

$$f_{cir} = K_{cir} f_{cpi} - fg = 1 * 8MPa - 2,11MPa = 5,89 MPa$$

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$K_{cir}=1$ Para elementos postesado

f_{cpi} : Tensión en el hormigón a nivel del centro de gravedad de los elementos tensores producida por la fuerza de tesado considerando solamente las pérdidas por fricción y acuramiento de anclajes.

$$f_{cpi} = \frac{P_{pi}}{A_{g1}} + \frac{P_{pi} e_1^2}{I_1} = \frac{0,864MN}{0,29 m^2} + \frac{0,864MN (0,53m)^2}{0,048m^4} = 8 MPa$$

P_{pi} : Fuerza de tesado descontada las pérdidas de fricción y acuramiento de anclaje $0,9MN - 0,036MN = 0,864MN$

f_g : Tensión en el hormigón a nivel del centro de gravedad de los elementos tensores debido al peso propio y a otras cargas permanentes en el momento de tesado.

$$f_g = \frac{M_{d1} x = l/2 * e_1}{I_1} = \frac{0,191 MNm 0,53m}{0,048m^4} = 2,11 MPa$$

- Cable 1:

$$ES1 = \frac{1}{2} * 195000MPa \frac{5,89MPa}{23264MPa} = 24,7MPa$$

$$ES = \sum ES_i = ES1 = 24,7 MPa$$

$$\Delta PES = ES \frac{A_p}{2} = 24,7MPa \frac{9,87 \times 10^{-4} m^2}{2} = 0,0122MN$$

2.5.7.2. Pérdidas diferidas

2.5.7.2.1. Pérdidas por contracción del hormigón: SH (Shrinkage of concrete)

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} K_{sh} E_{ps} \left(1 - 0,024 \frac{V}{S} \right) (100 - RH)$$

K_{sh} : Para elementos postesados, se extrae de la tabla 10.3.2.2.1 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201”. Para un tiempo desde la finalización del curado húmedo hasta la puesta en tensión = 1 día, entonces $K_{sh} = 0,92$

V/S : Espesor ficticio o relación entre la sección transversal de la pieza y su perímetro (en rigor se trata de volumen/superficie), en cm.

$$\frac{V}{S} = \frac{A_2}{Perimetro_2} = \frac{0,71m^2}{7,31m} = 0,1m = 10cm$$

RH : Humedad relativa media del ambiente que rodea al elemento. Puede estimarse según tabla 10.3.2.2.2 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201”. En general al aire libre, entonces $RH = 70\%$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} * 0,92 * 195000 \text{MPa} (1 - 0,024 * 10 \text{cm})(100 - 70) = 33,54 \text{MPa}$$

$$\Delta PSH = SH A_p = 33,54 \text{MPa} * 9,87 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 0,033 \text{MN}$$

2.5.7.2.2. Perdidas por fluencia del hormigón: CR (Creep of concrete)

$$CR = K_{cr}(f_{cir} - f_{c ds}) \frac{E_{ps}}{E_c}$$

$K_{cr} = 1,6$ Para elementos postesado

$f_{c ds}$: Tensión en el hormigón a nivel del centro de gravedad de los elementos tensores debido a todas las cargas permanentes que se agregan luego del tesado.

$$f_{c ds} = \frac{M d_2 x = \frac{l}{2} * e_1}{I_1} + \frac{M d_3 x = \frac{l}{2} * e_2}{I_2} = \frac{0,375 \text{ MNm} * 0,53 \text{m}}{0,048 \text{ m}^4} + \frac{0,263 \text{ MNm} * 0,9 \text{m}}{0,151 \text{ m}^4} = 5,71 \text{ MPa}$$

$$CR = 1,6 (5,89 \text{MPa} - 5,71 \text{MPa}) * \frac{195000 \text{MPa}}{27806 \text{MPa}} = 2 \text{ MPa}$$

$$\Delta PCR = CR A_p = 2 \text{ MPa} * 9,87 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 0,002 \text{MN}$$

2.5.7.2.3. Perdidas por relajación de los cables: RE (Relaxation of tendons)

$$RE = [K_{re} - J(SH + CR + ES)]C$$

K_{re} : Valores básicos de relajación.

J : Factor de interacción para la reducción de tensión debida a otras pérdidas. Según *tabla 10.3.2.4.1 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201”*, para cordones de 7 alambres C-1900, entonces: $K_{re} = 35 \text{MPa}$ y $J = 0,04$
 C : Factor por nivel de tensión (f_{pi}/f_{pu}). Según *tabla 10.3.2.4.2 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201”*:

$$f_{pi} = \frac{P_{pi}}{A_p} = \frac{0,864 \text{MN}}{9,87 \times 10^{-4} \text{m}^2} = 875,4 \text{MPa} \rightarrow \frac{f_{pi}}{f_{pu}} = \frac{875,4 \text{MPa}}{1864 \text{MPa}} = 0,47$$

Para aceros de baja relajación

$$0,6 < \frac{f_{pi}}{f_{pu}} < 0,7$$

$$C = 0,33 + 4 \left(\frac{f_{pi}}{f_{pu}} - 0,6 \right) = 0,33 + 4(0,6 - 0,6) = 0,33$$

$$RE = [35 \text{MPa} - 0,04(33,54 \text{MPa} + 2 \text{MPa} + 24,7 \text{MPa})]0,33 = 10,75 \text{ MPa}$$

$$\Delta PRE = RE A_p = 10,75 \text{MPa} * 9,87 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 0,011 \text{ MN}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.5.7.3. Resumen perdidas de tesado y fuerza de tesado

$$\Delta P_{instantaneas} = 0,036MN + 0,0122MN = 0,048MN$$

$$\Delta P_{instantaneas}\% = \frac{0,048MN}{0,9MN} = 5\%$$

$$P_{diferidas} = 0,033MN + 0,002MN + 0,011MN = 0,046MN$$

$$\Delta P_{diferidas}\% = \frac{0,046MN}{0,9MN} = 5\%$$

$$\Delta P\% = 10\% = \text{Adoptado} = 10\% \rightarrow BC$$

$$P_0 = P - \Delta P_{instantaneas} = 0,9MN - 0,048MN = 0,85MN$$

$$P_e = P_0 - \Delta P_{diferidas} = 0,85MN - 0,046MN = 0,8MN$$

2.5.8. VERIFICACIÓN DE LAS TENSIONES EN EL HORMIGÓN

2.5.8.1. Estados intermedios

2.5.8.1.1. Estado I – Prefabricación

VERIFICACION DE TENSIONES EN EL HORMIGON [Mpa]				
Tiempo t=0 - Prefabricacion				
Seccion	Apoyo		Centro tramo	
Fibra	Superior	Inferior	Superior	Inferior
PO/A1	-2,28		-2,98	
PO e1/W1	0	0	5,65	-5,80
Md1/W1	0	0	-2,36	2,42
TOTAL	-2,28	-2,28	0,32	-6,36
Traccion admisible	2,47		1,24	
Compresion admisible	-14,7			

2.5.8.1.2. Estado II – Construcción

VERIFICACION DE TENSIONES EN EL HORMIGON [Mpa]		
Tiempo t=0 - Construccion		
Seccion	Centro tramo	
Fibra	Superior	Inferior
Prefabricacion	0,32	-6,36
Md2/W1	-4,63	4,75
TOTAL	-4,31	-1,61
Traccion admisible	1,24	
Compresion admisible	-14,7	

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.5.8.2. Estado definitivo

VERIFICACION DE TENSIONES EN EL HORMIGON [Mpa]						
Tiempo $t=\infty$ - Luego de las perdidas						
Seccion	Centro tramo					
Cargas	Permanentes			Totales		
Fibra	Superior S.C	Superior V.P	Inferior	Superior S.C	Superior V.P	Inferior
Construccion/Permanentes	0,00	-4,31	-1,61	-0,72	-4,69	0,36
$\Delta P_{dif}/A_2$	0,05	0,05	0,05			
$\Delta p_{dif} \cdot e_2/W_2$	-0,09	-0,05	0,22			
M/W ₂	-0,68	-0,38	1,71	-1,95	-1,10	4,91
TOTAL	-0,72	-4,69	0,36	-2,67	-5,74	5,32
Traccion admisible	5,92					
Compresion admisible	-13,5	-15,75		-18	-21	

2.5.9. VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

2.5.9.1. Factor de resistencia

Según CIRSOC 201 – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\%$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

2.5.9.2. Momento requerido para resistir las cargas mayorales

$$M_u = 1,2 MD + 1,6 ML = 1,2 * 827,8 \text{KNm} + 1,6 * 755,6 \text{KNm} = 2202,32 \text{KNm}$$

2.5.9.3. Tensión de la armadura tesa para el cálculo del momento nominal

Se utiliza la expresión propuesta por CIRSOC 201 -18.7.2.a):

$$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\gamma p}{\beta_1} \left(\rho p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (w - w') \right) \right]$$

f_{ps} : Tensión de la armadura tesa para el cálculo de la resistencia nominal.

f_{pu} : Tensión de tracción especificada para el acero de pretensado.

γp : Factor que tiene en cuenta la forma del diagrama de tensión – deformación de los aceros.

f'_c : Resistencia especificada de compresión en el hormigón.

β_1 : Factor que relaciona la profundidad del eje neutro con la profundidad del bloque rectangular de tensiones utilizado para el cálculo de resistencia a flexión.

$$\text{Para } f'_c = 35 \text{MPa} > 30 \text{MPa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 30 \text{MPa}}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{35 \text{MPa} - 30 \text{MPa}}{7} = 0,814 > 0,65$$

ρp : Cuantía de la armadura tesa.

$$\rho p = \frac{A_{ps}}{(b dp)} = \frac{9,87 \times 10^{-4} m^2}{2,1m * 1,32m} = 3,56 \times 10^{-4}$$

b : Ancho del borde comprimido de la sección.

dp : Distancia desde la fibra más comprimida hasta el baricentro de la armadura tesa en el centro del tramo = $e_2 + y_{2s} = 0,9m + 0,42m = 1,32m$

w : Cuantía mecánica de la armadura traccionada no tesa = 0

w' : Cuantía mecánica de la armadura comprimida no tesa = 0

d : Distancia desde la fibra más comprimida hasta el baricentro de la armadura no tesa = 0

$$f_{ps} = 1864 MPa \left[1 - \frac{0,28}{0,814} \left(3,56 \times 10^{-4} \frac{1864 MPa}{35 MPa} \right) \right] = 1851,84 MPa$$

2.5.9.4. Fuerza provista por la armadura T

$$T = f_{ps} A_{ps} = 1851,84 MPa * 9,87 \times 10^{-4} m^2 = 1,83 MN$$

2.5.9.5. Profundidad del eje neutro de tensiones (a) y de deformaciones (c)

$$a = \frac{T}{b f * } = \frac{T}{b 0,85 f'c} = \frac{1,28 MN}{2,1m * 0,85 * 30 MPa} = 0,034m$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{0,034m}{0,814} = 0,042mc < hl = 0,2m$$

→ fue adecuada la suposición $b = bl$

$$c < c_{max} = 0,375 dp = 0,375 * 1,32m = 0,495m$$

2.5.9.6. Momento nominal

$$M_n = T \left(dp - \frac{a}{2} \right) = 1,83 MN \left(1,32m - \frac{0,034m}{2} \right) = 2,38 MNm$$

$$M_u = 2,2 MNm > 0,9 M_n = 0,9 * 2,4 MN = 2,2 MNm \rightarrow BC$$

2.5.9.7. Verificación de suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\epsilon_{ps} = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = 3\text{‰} \frac{1,32m - 0,042m}{0,042m} = 91\text{‰} > \epsilon_{pu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_{ps} : Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{pu} = 5\text{‰}$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\text{‰}$.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.5.10. VERIFICACIÓN DE LA CUANTÍA MÍNIMA

Según *CIRSOC 201 – 18.8.2*, el límite para la armadura de los elementos solicitados a flexión debe cumplir la siguiente relación:

$$\phi Mn \geq 1,2 Mcr$$

Mcr : Momento de fisuración calculado para las cargas que producen una tensión máxima de tracción igual a f_t .

f_t : Módulo de rotura del hormigón o resistencia a la tracción por flexión, para clase T.

Según *CIRSOC 201 – 9.5.2.3*:

$$f_t = 0,625\sqrt{f'_c} = 0,625\sqrt{35MPa} = 3,7MPa$$

El momento de fisuración es aquel que luego de descomprimida la fibra inferior produce en ella una tracción igual a f_{cr} , entonces en $L/2$ tendremos:

$$\begin{aligned} f_{cri} &= \left(\frac{P_0}{Ag1} + \frac{P_0 e1}{W1i} \right) - \left(\frac{\Delta P dif}{Ag2} + \frac{\Delta P dif e2}{W2i} \right) + f_t \\ &= \left(\frac{0,846MN}{0,29m^2} + \frac{0,846MN * 0,53m}{0,079m^3} \right) - \left(\frac{0,046MN}{0,71m^2} + \frac{0,046MN * 0,09m}{0,154m^3} \right) \\ &\quad + 3,7MPa = 11,96MPa \end{aligned}$$

$$Mcr = f_{cri} W2i = 11,96 MPa * 0,154m^3 = 1,84MNm$$

$$\phi Mn = 0,9 * 2,4MNm = 2,2MNm > 1,2 Mcr = 1,2 * 1,8MNm = 2,1MNm \rightarrow BC$$

2.6. CORTE EN ELEMENTOS PRETENSADOS

2.6.1. ESFUERZOS DE CORTE Y MOMENTOS MAYORADOS

$$Vu = 1,2Vd + 1,6Vl$$

$$Mu = 1,2Md + 1,6Ml$$

Seccion	0	1	2	3	4
	APOYO= 0m	H/2 = 0,6m	1m	2m	3m
VL [KN]	210,1	201,2	195,2	105,4	90,5
ML [KNm]	0	101,2	165,7	316,6	452,6
VD [KN]	228,4	209,5	196,9	165,4	133,9
MD [KNm]	0	131,4	212,6	393,8	543,4
VU [MN]	0,61024	0,57332	0,5486	0,36712	0,30548
MU [MN]	0	0,3196	0,52024	0,97912	1,37624

2.6.2. RESISTENCIA APORTADA POR EL HORMIGÓN (V_c)

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'c}}{20} + 5 \frac{V_u dp}{M_u} \right) b_w d$$

$$V_c \geq V_{cmin} = \frac{\sqrt{f'c} b_w d}{6}$$

$$V_c \leq V_{cmax} = 0,4 \sqrt{f'c} b_w d$$

$$V_c \leq V_{cw} = 0,3 (\sqrt{f'c} + f_{pc}) b_w d + V_p$$

$$\frac{V_u dp}{M_u} \leq 1$$

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{35 MPa} = 5,92 MPa < 8,3 MPa$$

dp : Distancia desde la fibra más comprimida hasta el baricentro de la armadura tesa, variable en las distintas secciones (al ser curvo los tensores).

d : Distancia desde la fibra extrema comprimida hasta el baricentro de la armadura traccionada tesa y no tesa, siempre mayor o igual a $0,8 H = 0,8 (1,40m) = 1,12m$. Al solo contar con armadura tesa $d = dp$.

b_w : Ancho del alma. En los extremos (hasta $3/4h = 1,05m$) $b_w = 0,30$; y en el tramo $b_w = 0,15m$.

f_{pc} : Tensión de compresión en el hormigón a nivel del centro de gravedad de la sección que resiste las cargas exteriores luego de ocurridas las pérdidas o bien a nivel de la unión entre el alma y el ala en aquellas secciones en que el centro de gravedad cae dentro de las alas.

Para $x \geq h = 1,20m$ y $x \leq (L - h) = 13,3m$

$$\rightarrow f_{pc} = \frac{P_0}{A_1} - \frac{\Delta P d_{if}}{A_2} = \frac{0,846 MN}{0,29m^2} - \frac{0,046 MN}{0,71m^2} = 2,85 MPa$$

Para $x < h = 1,20m$ y $x > (L - h) = 13,3m$

$$\rightarrow f_{pc} = \frac{P_0}{A_{1a}} - \frac{\Delta P d_{if}}{A_{2a}} = \frac{0,846 MN}{0,4m^2} - \frac{0,046 MN}{0,82m^2} = 2,06 MPa$$

x	y	α
0	0,000	7,33
0,6	0,074	6,74
1	0,119	6,35
2	0,222	5,36
3	0,307	4,38

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Seccion	0	1	2	3	4
	APOYO= 0m	H/2 = 0,6m	1m	2m	3m
VL [KN]	210,1	201,2	195,2	105,4	90,5
ML [KNm]	0	101,2	165,7	316,6	452,6
VD [KN]	228,4	209,5	196,9	165,4	133,9
MD [KNm]	0	131,4	212,6	393,8	543,4
VU [MN]	0,610	0,573	0,549	0,367	0,305
MU [MN]	0,000	0,320	0,520	0,979	1,376
$d > 0,8h=0,8*1,4=1,12$	1,120	1,120	1,120	1,120	1,157
dp	0,850	0,924	0,969	1,072	1,157
Vu dp/Mu	1,000	1,000	1,000	0,402	0,257
bw	0,300	0,300	0,300	0,150	0,150
Vc	1,779	1,779	1,779	0,387	0,274
Vcmin	0,332	0,332	0,332	0,166	0,171
Vcmax	0,796	0,796	0,796	0,398	0,411
Vcw	2,060	2,060	2,060	2,850	2,850
Vc	0,796	0,796	0,796	0,398	0,411
ϕVc	0,597	0,597	0,597	0,298	0,308

$$V_n = \phi V_c < V_u \rightarrow \text{SE REQUIERE ARMADURA DE CORTE}$$

2.6.3. RESISTENCIA APORTADA POR LA ARMADURA NECESARIA (Vs)

$$V_n = \phi(V_c + V_s) > V_u \rightarrow V_n = V_c + V_s > \frac{V_u}{\phi} \rightarrow V_{snec} = \frac{V_u}{\phi} - V_c \text{ Para corte} \rightarrow \phi = 0,75$$

Seccion	0	1	2	3	4
	APOYO= 0m	H/2 = 0,6m	1m	2m	3m
VL [KN]	210,1	201,2	195,2	105,4	90,5
ML [KNm]	0	101,2	165,7	316,6	452,6
VD [KN]	228,4	209,5	196,9	165,4	133,9
MD [KNm]	0	131,4	212,6	393,8	543,4
VU [MN]	0,610	0,573	0,549	0,367	0,305
MU [MN]	0,000	0,320	0,520	0,979	1,376
$d > 0,8h=0,8*1,4=1,12$	1,120	1,120	1,120	1,120	1,157
dp	0,850	0,924	0,969	1,072	1,157
Vu dp/Mu	1,000	1,000	1,000	0,402	0,257
bw	0,300	0,300	0,300	0,150	0,150
Vc	1,779	1,779	1,779	0,387	0,274
Vcmin	0,332	0,332	0,332	0,166	0,171
Vcmax	0,796	0,796	0,796	0,398	0,411
Vcw	2,060	2,060	2,060	2,850	2,850
Vc	0,796	0,796	0,796	0,398	0,411
ϕVc	0,597	0,597	0,597	0,298	0,308
Vu/ ϕ	0,814	0,764	0,731	0,489	0,407
Vs	0,018	-0,031	-0,064	0,092	-0,004

2.6.4. DETERMINACIÓN DEL ESTRIBADO

2.6.4.1. Estribado mínimo

$$\left(\frac{Av}{s}\right)_{min1} = \frac{1}{16} \sqrt{f'c} \frac{bw_{max}}{f_y} = \frac{1}{16} \sqrt{35MPa} \frac{0,3m}{420MPa} = 2,64 \times 10^{-4} \frac{m^2}{m} = 2,64 \frac{cm^2}{m}$$

$$\left(\frac{Av}{s}\right)_{min2} = \frac{A_{ps} f_{pu}}{80 d_{min} f_y} = \frac{9,87 \times 10^{-4} m^2 * 1864MPa}{80 * 1,12m * 420MPa} = 4,89 \times 10^{-5} \frac{m^2}{m} = 0,49 \frac{cm^2}{m}$$

2.6.4.2. Separación máxima

$$Vs_{nec} = Vs_{max_{x=1m}} = 0,092 MN < \frac{1}{3} \sqrt{f'c} bw_{x=1m} d_{x=1m} = \frac{1}{3} \sqrt{35MPa} 0,225m 1,12m = 0,5 MN$$

$$s = \frac{3}{4} H = \frac{3}{4} 1,4m = 105cms = 400mm = 40cm$$

2.6.4.3. Estribado necesario

$$\left(\frac{A1v}{s}\right)_{nec} = \frac{Vs_{nec}}{n d f_y} = \frac{0,092}{2 * 1,12 * 420} = 9,78 \times 10^{-5} \frac{m^2}{m} = 0,98 \frac{cm^2}{m}$$

$$\left(\frac{Av}{s}\right)_{nec} = n \left(\frac{A1v}{s}\right)_{nec} = 2 * 0,98 \frac{cm^2}{m} = 1,96 \frac{cm^2}{m} \left(\frac{Av}{s}\right)_{nec} < \left(\frac{Av}{s}\right)_{min1} = 2,64 \frac{cm^2}{m}$$

$$\left(\frac{Av}{s}\right)_{nec} > \left(\frac{Av}{s}\right)_{min2} = 0,49 \frac{cm^2}{m}$$

2.6.4.4. Estribado adoptado

Se adopta estribos de n=2 (ramas) de $\phi 8mm$ cada 35cm, entonces

$$\left(\frac{Av}{s}\right)_{adop} = 2 \frac{0,5cm^2}{0,35m} = 2,85 \frac{cm^2}{m} > \left(\frac{Av}{s}\right)_{min1} = 2,64 \frac{cm^2}{m}$$

$$\left(\frac{Av1}{s}\right)_{adop} = \frac{0,5cm^2}{0,35m} = 1,43 \frac{cm^2}{m}$$

$$s = 35cm < s_{max} = 40cm$$

2.6.5. VERIFICACIÓN DE BIELAS COMPRIMIDAS

2.6.5.1. Limitación de Vs adoptado

Tal como en elementos no pretensados el CIRSOC 201 (versión 2005), no especifica una verificación directa a la fisuración del alma por efecto del corte ni de la resistencia de las bielas comprimidas, pero si existe una verificación indirecta a través de la limitación al aporte de la armadura total Vs de la fisura. Debe cumplirse:

$$Vs_{adop} = n d f_y \left(\frac{A1v}{s}\right)_{adop} < \frac{2}{3} \sqrt{f'c} bw$$

$$Vs_{adop} = 2 * 1,12m * 420 MPa * 1,43 \times 10^{-4} \frac{m^2}{m} = 0,13MN < \frac{2}{3} \sqrt{35MPa} 0,15m 1,12m = 0,66MN \rightarrow BC$$

2.7. ZONAS DE ANCLAJE DE LOS CABLES POSTESADOS

2.7.1. INTRODUCCIÓN

Se macizan la zona de los apoyos hasta una distancia $x=3/4 h= 1,05m$, justamente para reforzar las zonas de introducción de tesado.

Se realizarán las verificaciones establecidas para las zonas de anclaje de los cables postesados general y local, definidas en *CIRSOC 201 – 18.13.1*.

2.7.2. FUERZA DE PRETENSADO MAYORADA: P_{pu}

Según *CIRSOC 201 – C.18.0*, la fuerza de pretensado mayorada es:

$$P_{pu} = f_1(0,8f_{pu})A_{ps} = 1,2 (0,8 1864MPa)9,87 \times 10^{-4}m^2 = 1,77 MN$$

f_1 : Factor de carga a aplicar a la máxima fuerza del gato de tesado, según *CIRSOC 201 – 9.2.5* = 1,20

f_{pu} : Resistencia a la tracción especificada del acero de postesado.

A_{ps} : Área acero de pretensado ubicado en la zona traccionada por flexión.

P_{pu} : Fuerza de pretensado mayorada en el dispositivo de anclaje.

La fuerza de pretensado mayorada en cada cable es:

$$P_{pu\ i} = \frac{P_{pu}}{n^{\circ} \text{ cables}} = \frac{1,77MN}{2} = 0,89MN$$

2.7.3. ZONA GENERAL

2.7.3.1. Dispositivos de anclaje elegidos

Según *PRECON S.R.L – “Manual técnico de sistema de pretensado PRECON”*, para 8 cordones por cable corresponde un cable tipo C-12 (ver tabla 63). Y para este le corresponde un anclaje tipo A-12.

Unidad	N° de Cord. Por cable	Vaina normal		C – i : cable de i cordones. *: ϕ interior / ϕ exterior
		ϕ mm *	Δy mm	
C-1	1	18/20	2	FIGURA 3
C-3	2	30/35	4	
	3	35/40	5	
C-4	4	40/45	5	
C-7	5	40/45	5	
	6 – 7	45/50	6	
C-12	8	50/55	6	
	9 - 10	55/60	7	

TABLA VI.2.1: Dimensiones principales de anclajes activos – FUENTE: “Manual técnico de sistema de pretensado PRECON” PRECON S.R.L

2.7.3.2. Verificación grupo de dispositivos pocos separados

Según CIRSOC 201 – C.18.13.5, para aplicar métodos simplificados se debe verificar:

$$sa = 27\text{cm} < 1,5hanc = 1,5 * 25\text{cm} = 37,5 \rightarrow \text{Poco separados}$$

sa : Distancia entre los centros de gravedad de los dispositivos de anclaje.

$hanc$: Ancho del dispositivo de anclaje en la dirección considerada, es decir ancho de la placa de anclaje.

	Placa de anclaje		Cabezal		Trompetas			Espiral			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	n
A-1	80	10	42	45	20	20	60				
A-3	130	15	80	60	50	40	75	130	10	45	4
A-4	150	15	85	60	60	45	100	150	10	45	4
A-7	190	20	110	60	75	50	170	190	10	50	5
A-12	250	30	150	60	105	70	270	250	12	60	5

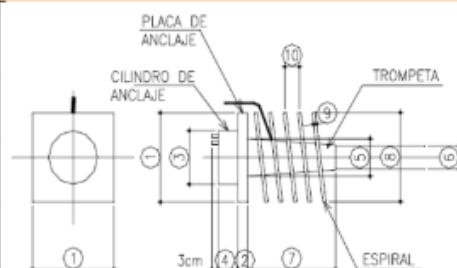


FIGURA 4

TABLA VI.2.2: Dimensiones principales de anclajes activos – FUENTE: “Manual técnico de sistema de pretensado PRECON” PRECON S.R.L

2.7.3.3. Fuerza de desgarramiento por tracción: Tdes

2.7.3.3.1. Según Leonhardt

- Dirección transversal vertical

Según F. Leonhardt – Estructuras de Hormigón Armado - Tomo II: “Casos especiales del dimensionamiento de estructuras de hormigón armado”, en su capítulo 3: “Introducción de cargas o fuerzas concentradas”, existen diferentes casos de introducción de cargas a los que les corresponden diferentes esfuerzos de tracción generados. De esta bibliografía se ha tomado “figura 3.30: tensiones de tracción de fractura y en las zonas de borde en un modelo solicitado por 3 esfuerzos de pretensado P, para la acción simultánea de la reacción A= 0,30P (ancho de placa 1/15 y ancho de apoyo 1/12 d)” como el más semejante al caso estudiado en el presente trabajo, al cual le corresponden los siguientes esfuerzos de tracción (ver tabla 65):

$$z3 = 0,21 \frac{P0}{4} = 0,21 \frac{0,85\text{MN}}{4} = 0,045\text{MN} \rightarrow \text{Maxima en dirección vertical}$$

$$Tdesg y_{Leonhardt} = f1 Z3 = 1,2 * 0,045\text{MN} = 0,054\text{MN}$$

- Dirección transversal horizontal

Según F. Leonhardt – Estructuras de Hormigón Armado - Tomo II: “Casos especiales del dimensionamiento de estructuras de hormigón armado”, en su capítulo 3: “Introducción de cargas o fuerzas concentradas”, es su ecuación (3.1) del punto 3.3.1.1 esfuerzo de fractura por tracción para

presión uniforme, la fuerza de tracción de fractura en la dirección transversal horizontal es:

$$Z = 0,3 P_0 \left(1 - \frac{h_{anc}}{h} \right) = 0,3 \cdot 0,85 MN \left(1 - \frac{0,25m}{0,3m} \right) = 0,04 MN$$

$$T_{desg z_{Leonhardt}} = f_1 Z = 1,2 * 0,04 MN = 0,048 MN$$

P₀: Carga o fuerza de introducción, igual a la fuerza de pretensado luego de las pérdidas instantáneas en cada cable

h: Ancho de la sección transversal en la dirección considerada. Como se puede observar en la vista superior de la imagen 85 es igual a b_w en la zona de apoyos

2.7.3.3.2. Según CIRSOC 201

Según CIRSOC 201 – C 18.13.5, la magnitud de la fuerza de desgarramiento se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$T_{desg} = 0,25 \sum P_{pui} \left(1 - \frac{h_{anc}}{h} \right)$$

$\sum P_{pui}$: Sumatoria de las fuerzas P_{pu}, para la secuencia de los cordones individuales

h_{anc}: Altura del dispositivo de anclaje o de un grupo de dispositivos de anclaje poco separados en la dirección considerada

h: Altura de la sección transversal en la dirección considerada

- Dirección transversal vertical

Se pretensarán todos los cordones individuales de cada cable a la vez, entonces:

$$T_{desg y} = 0,25 P_{pu} \left(1 - \frac{h_{anc}}{h} \right) = 0,25 * 0,89 MN \left(1 - \frac{0,25m}{0,27m} \right) = 0,016 MN$$

- Dirección transversal horizontal

$$T_{desg z} = 0,25 P_{pu} \left(1 - \frac{h_{anc}}{h} \right) = 0,25 * 1,77 MN \left(1 - \frac{0,25m}{0,3m} \right) = 0,07 MN$$

2.7.3.4. Determinación de la armadura

2.7.3.4.1. Armadura necesaria

- Dirección transversal vertical

Según CIRSOC 201 – 9.1.1, se debe verificar:

$$P_u = T_{desg} \leq \phi P_n = \phi A_{st} f_y \rightarrow A_{st} \geq \frac{T_{desg y}}{\phi f_y} = \frac{0,054 MN}{0,85 \cdot 420 MPa} = 1,51 \times 10^{-4} m^2 = 1,51 cm^2$$

P_u: Solicitación calculada para cargas mayoradas. Igual a la fuerza de desgarramiento por tracción en la dirección transversal vertical máxima entre Leonhardt y CIRSOC 201

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Φ : Factor de reducción de resistencia para zonas de anclaje de postesado= 0,85

f_y : Tensión de fluencia especificada para la armadura pasiva= 420MPa

$A_{st\ nec}$: área total de armadura pasiva

- Dirección transversal horizontal

Según *CIRSOC 201 – 9.1.1*, se debe verificar:

$$P_u = T_{desg} \leq \phi P_n = \phi A_{st} f_y \rightarrow A_{st} \geq \frac{T_{desg}}{\phi f_y} = \frac{0,07MN}{0,85 \cdot 420MPa} = 1,96 \times 10^{-4} m^2 = 1,96 cm^2$$

P_u : Solicitación calculada para cargas mayoradas. Igual a la fuerza de desgarramiento por tracción en la dirección transversal vertical máxima entre *Leonhardt* y *CIRSOC 201*

Φ : Factor de reducción de resistencia para zonas de anclaje de postesado= 0,85

f_y : Tensión de fluencia especificada para la armadura pasiva= 420MPa

$A_{st\ nec}$: área total de armadura pasiva

2.7.3.4.2. Armadura adoptada

Se adoptarán estribos de 2 ramas que cubrirán tanto la dirección horizontal como la vertical, entonces se cubrirá la dirección con la mayor área necesaria y la otra dirección con seguridad verificará.

Se adoptan $4\phi 8mm \rightarrow A_{st\ adop} = 2,012 cm^2 > 1,96 cm^2$

Por lo que se tendrán 2 estribos de 2 ramas de 8mm separados uniformemente:

$$s = \frac{h - r_{lat}}{n^{\circ} estribos - 1} = \frac{1,05m - 0,04m}{2 - 1} = 1,01m$$

2.7.4. ZONA LOCAL

2.7.4.1. Dispositivo de anclaje suficientemente rígido.

Según *CIRSOC 201 – 18.15.1.2*, un dispositivo de anclaje es suficientemente rígido si la esbeltez de su placa de asiento verifica la siguiente relación:

$$\frac{n}{t} \leq 0,08 \sqrt{\frac{Eb}{fb}} \rightarrow \frac{5cm}{3cm} = 1,67 < 0,08 \sqrt{\frac{20110MPa}{14,59MPa}} = 2,97$$

$\rightarrow$ Placa suficientemente rígida

t : Espesor promedio de la placa de asiento.

n : Mayor distancia entre el borde exterior de la placa de acúñamiento y el borde exterior de la placa de asiento. Para las placas de asiento rectangulares esta distancia se mide en forma paralela a los bordes de dicha placa. Si el anclaje no tiene placa de acúñamiento, la dimensión de la placa de acúñamiento se adoptará como la distancia entre los orificios de acúñamiento más alejados en la dirección correspondiente. Para el tipo de anclaje A-12, la distancia entre el borde exterior del cilindro de anclaje (3) o placa de acúñamiento, y el borde exterior de la placa de asiento (1) es la siguiente:

$$n = \frac{(1) - (3)}{2} = \frac{0,25m - 0,15m}{2} = 0,05m = 5cm$$

fb: Carga máxima mayorada del cable *Pui* dividida por el área de asiento efectiva *Ab*.

Ab: Área neta efectiva de la placa de asiento calculada como el área *Ag* menos el área de los orificios de la placa de asiento.

Ag: Área total (bruta) de la placa de asiento si se satisface los requisitos de esbeltez de la placa que se está verificando. Entonces en principio suponiendo que se cumple, se calcula esta área considerando las dimensiones de la placa:

$$Ag = (hanc)^2 = (0,25m)^2 = 0,0625m^2$$

Como los anclajes son para 12 cordones de diámetro nominal $dn = 12,7mm = 1,27cm$, entonces:

$$Ab = Ag - 12 \frac{\pi (dn)^2}{4} = 0,0625m^2 - 12 \frac{\pi (0,0127m)^2}{4} = 0,061m^2$$

$$fb = \frac{Ppu \ i}{Ab} = \frac{0,89MN}{0,061m^2} = 14,59MPa$$

Eb: Módulo de elasticidad del material de la placa de asiento, según *PRECON S.R.L. – “Manual técnico de sistema de pretensado PRECON”*, la placa de asiento se realiza con acero SAE 1010, el cual posee módulo de elasticidad.

2.7.4.2. Verificación diseño de zona local

Según *CIRSOC 201* (versión 2005) – 18.15.1.1, la resistencia efectiva a la compresión en el apoyo de hormigón utilizada para el diseño debe verificar:

$$fb \leq 0,7 \phi f'ci \sqrt{\frac{A}{Ag}} \rightarrow 14,59MPa < 0,7 * 0,85 * 24,5MPa \sqrt{\frac{0,081m^2}{0,0625m^2}} = 16,6MPa \rightarrow BC$$

$$fb \leq 2,25 \phi f'ci \rightarrow 14,59MPa < 2,25 * 0,85 * 24,5MPa = 46,86MPa \rightarrow BC$$

A: Área máxima de la parte de la superficie de asiento que es geométricamente similar al área cargada y concéntrica con la misma. Es decir, el área de influencia de la sección de hormigón en la placa de anclaje considerada, la peor condición es la menor área de influencia por lo que se considera:

$$A = bw \ sa = 0,3m * 0,27m = 0,081m^2$$

2.8. CONDICIONES DE SERVICIO: CONTROL DE FISURACIÓN

Según *CIRSOC 201 – Tabla 18.3: “Requisitos para el diseño en condiciones de servicio”* para un elemento pretensado clase T, no existe ningún requisito de control de fisuración.

2.9. CONDICIONES DE SERVICIO: CONTROL DE FLECHA

2.9.1. INTRODUCCIÓN

Según *CIRSOC 201 – Tabla 18.3: “Requisitos para el diseño en condiciones de servicio”* para un elemento pretensado clase T, se exige controlar la flecha trabajando con la sección fisurada.

2.9.2. MOMENTOS DE INERCIA PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN PRETENSADO CLASE T

2.9.2.1. Momento de inercia de la sección fisurada de hormigón: I_{cr}

El eje neutro de tensiones está dentro de la losa colaborante, por lo cual para la determinación del momento de inercia fisurado se debe tener en cuenta la sección de hormigón no fisurada que está por encima del eje neutro de tensiones y la armadura activa inferior homogeneizada.

$$I_{cr} = \frac{bl a^3}{12} + bl a \left(\frac{a}{2}\right)^2 + \frac{E_{ps}}{E_c} A_{ps} (dp - a)^2$$

$$I_{cr} = \frac{2,1m * (0,034m)^2}{12} + 2,1m * 0,034m * \left(\frac{0,034m}{2}\right) + \frac{195000MPa}{27806MPa} 9,87 \times 10^{-4} m^2 (1,32m - 0,034m)^2$$

$$= 0,013m^4$$

I_{cr} : Momento de inercia de la sección fisurada de hormigón

b : Ancho del borde comprimido de la sección

dp : Distancia desde la fibra más comprimida hasta el baricentro de la armadura tesa en el centro del tramo

a : Distancia desde la fibra superior comprimida hasta el eje neutro de tensiones

A_{ps} : Área acero de pretensado ubicado en la zona traccionada por flexión

E_c : Modulo de elasticidad del hormigón

E_{ps} : Modulo de elasticidad del acero de la armadura activa

Este método para la determinación del momento de inercia es simplificado, pero según *Portland Cement Association (PCA) – “Notas sobre ACI 318-02 – Requisitos para hormigón estructural con ejemplos de diseño”* es muy similar a valores obtenidos con métodos más complejos y solo conlleva a un error de aproximadamente el 1%.

2.9.2.2. Momento de inercia efectivo: I_e

Según *CIRSOC 201 – 9.5.4.2* se recomienda trabajar con la *expresión (9-8)* de este reglamento para determinar el momento de inercia efectivo para elementos pretensados clase T solicitados a flexión.

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$I_e = \left(\frac{0,57MNm}{1,02MNm}\right)^3 0,151m^4 + \left[1 - \left(\frac{0,57MNm}{1,02MNm}\right)^3\right] 0,013m^4 = 1m^4 > I_g = 0,151m^4$$

I_e : Momento de inercia efectivo para el cálculo de las flechas

I_g : Momento de inercia de la sección total o bruta del elemento de hormigón, con respecto al eje baricéntrico, sin considerar la armadura = I_2

I_{cr} : Momento de inercia de la sección fisurada de hormigón

M_a : Momento máximo sin mayorar en un elemento para la etapa en la que se calcula su flecha = $M_a = M_d3 + M_l = 1,02 MNm$

M_{cr} : Momento de fisuración, según artículo CIRSOC 201 – 9.5.2.3:

$$M_{cr} = f_r W_{2i} = 3,7 MPa * 0,154 m^3 = 0,57 MNm$$

f_r : Modulo de rotura del hormigón o resistencia a la tracción por flexión, para clase T.

Según CIRSOC 201 – 9.5.2.3:

$$f_r = 0,625 \sqrt{f'_c} = 0,625 \sqrt{35 MPa} = 3,7 MPa$$

2.9.3. FLECHA MÁXIMA PARA ELEMENTOS DE HORMIGÓN

Para la determinación de la máxima flecha en elementos pretensados se trabajará con *Portland Cement Association (PCA) – “Notas sobre ACI 318-02 - Requisitos para hormigón estructural con ejemplos de diseño”*, mediante la siguiente expresión:

$$f_{max} = -\Delta p_0 + \Delta_0 - \left[-\frac{\Delta P_u}{P_0} + (kr Cu) \left(1 - \frac{\Delta P_u}{2P_0} \right) \right] \Delta P_0 + (kr Cu) \Delta_0 + \Delta s + (\beta_s kr Cu) \Delta s + \Delta l + \left[\left(\frac{Ms}{Ml} \right) \beta_s Cu \right] \Delta l$$

- $-\Delta p_0$: Contraflecha inicial debido al momento de pretensada inicial luego de las pérdidas instantáneas

Según tabla 3.2 ACI 435R-34, para cables curvos en el centro de la luz:

$$\Delta p_0 = \frac{P_0 (ec - ee) l^2}{12 E_{ci} I_1} + \frac{P_0 ee l^2}{8 E_{ci} I_{1a}} = \frac{0,85 MN * 0,53 m * (15 m)^2}{12 * 23264 MPa * 0,048 m^4} = 7,56 \times 10^{-3} m = 0,76 cm$$

ec : Excentricidad de la fuerza de pretensado P_0 respecto al eje baricéntrico de la sección en el centro del tramo = e_1 .

ee : Excentricidad de la fuerza de pretensado P_0 respecto al eje baricéntrico de la sección en los apoyos = 0

P_0 : Fuerza de pretensado luego de las pérdidas instantáneas

E_{ci} : Módulo de elasticidad del hormigón en el momento de tesado.

I_{g1} : Momento de inercia de la sección con respecto al eje baricéntrico en el centro del tramo.

I_{g1a} : Momento de inercia de la sección con respecto al eje baricéntrico en los apoyos.

- Δ_0 : Flecha inicial debida al peso propio de la viga

$$\Delta_0 = \frac{5 M_0 l^2}{48 E_{ci} I_1} = \frac{5 * 0,191 MNm * (15 m)^2}{48 * 23264 MPa * 0,048 m^4} = 4 \times 10^{-3} m = 0,4 cm$$

M_0 : Momento por peso propio de la viga en el centro de la luz = $M_{D1} = 0,191 MNm$

- $\left[-\frac{\Delta P_u}{P_0} + (kr Cu) \left(1 - \frac{\Delta P_u}{2P_0} \right) \right] \Delta P_0$: Contraflecha adicional de la viga a largo plazo (dependiente del tiempo) debido al momento de pretensado momento de pretensado

Este término incluye los efectos de la fluencia lenta y las pérdidas de pretensado; es decir, el efecto de la fluencia lenta bajo tensión variable. Los valores medios de la relación de pérdidas de pretensado luego de la transferencia (excluyendo las pérdidas instantáneas), $(P_0 - P_e)/P_e$ son alrededor de 0,18; 0,21 y 0,23 para hormigón de peso normal, hormigón de agregados livianos y arena y hormigón liviano respectivamente. Un valor medio de $C_u = 2$ podría ser razonable para el factor de fluencia lenta debida a la fuerza última de pretensado y el peso propio. El

factor kr toma en cuenta el efecto de cualquier acero no pretensado, que reduce la contraflecha dependiente del tiempo.

$$\left[-\frac{\Delta Pu}{P_0} + (kr \ Cu) \left(1 - \frac{\Delta Pu}{2P_0} \right) \right] \Delta P_0 = \left[-\frac{0,046MN}{0,85MN} + (1 * 2) \left(1 - \frac{0,046MN}{2 * 0,85MN} \right) \right] 0,0076m = 0,014m = 1,38cm$$

ΔPu : Diferencia entre la fuerza de pretensado inicial (incluidas las pérdidas instantáneas) y la fuerza de pretensado final= $P_0 - P_e = \Delta P_{dif}$.

kr : Factor que toma en cuenta el efecto de armadura no tesa:

$$kr = \frac{1}{1 + \frac{A_s}{A_{sp}}} = \frac{1}{1 + \frac{0}{9,87cm^2}} = 1$$

A_s : Área de armadura no tesa. Armadura de fisuración adoptada $A_{sfadop} = 0$

A_{sp} : Área de armadura tesa= $9,87 \times 10^{-4} m^2 = 9,87 cm^2$

C_u : Factor de fluencia lenta debida a la fuerza última de pretensado y el peso propio= 2

Δp_0 : Contraflecha inicial debida al momento de pretensado inicial luego de las pérdidas instantáneas.

- $(kr \ Cu) \Delta 0$: Flecha adicional a largo plazo debida al peso propio de la viga
Usar el mismo valor de C_u utilizado en el término anterior 3. Debido a que la fluencia lenta debida al pretensado y al peso propio ocurre bajo las tensiones combinadas que ellos provocan, el efecto de cualquier acero no pretensado traccionado de reducir la flecha por fluencia lenta se incluye tanto en el término de la contraflecha 3 como en el término de la flecha 4.

$$(kr \ Cu) \Delta 0 = (1 * 2) * 0,004m = 0,008m = 0,8cm$$

$\Delta 0$: Flecha inicial debida al peso propio de la viga.

- Δs : Flecha inicial de la viga bajo una carga permanente impuesta
$$\Delta s = \frac{5 l^2}{48 E_c} \left(\frac{Md_2}{I_1} + \frac{Md_3}{I_2} \right) = \frac{5 * (15m)^2}{48 * 27806} \left(\frac{0,375MN}{0,048m^4} + \frac{0,263MN}{0,151m^4} \right) = 0,0081m = 0,81cm$$

Md_2 : Momento en el centro de la luz debido al peso propio de la losa y vigas secundarias

Md_3 : Momento en el centro de la luz debido a las cargas permanentes luego del colado del tablero

I_g : Momento de inercia de la sección con respecto al eje baricéntrico en el centro del tramo.

E_c : Módulo de elasticidad del hormigón.

- $(\beta_s \ kr \ Cu) \Delta s$: Flecha adicional a largo plazo de la viga provocada por una carga permanente impuesta

K_r es igual que en los términos 3 y 4, y se incluye en este término por el mismo motivo que se incluye en el término 4. Se recomienda un valor de $C_u = 1,6$, asumiendo que la carga se aplica 20 días después de la colocación del hormigón. β_s es un factor de corrección que considera la edad del hormigón de la viga en el momento de aplicación de la carga impuesta, si esta edad no es de 20 días (los mismos valores se aplican tanto para hormigón de peso normal como para hormigón liviano): $\beta_s = 1$ para una edad de 3 semanas; $\beta_s = 0,96$ para 1 mes; $\beta_s = 0,89$ para 2 meses; $\beta_s = 0,85$ para 3 meses y $\beta_s = 0,83$ para 4 meses.

$$(\beta_s \ kr \ Cu) \Delta s = (1 * 1 * 1,6) * 0,0081m = 0,0058m = 0,58cm$$

C_u : Factor de fluencia lenta debida a las cargas permanentes impuestas= 1,6

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

β_s : Factor de corrección que considera la edad del hormigón al aplicar las cargas permanentes.

Se considera que se cargará la viga a los 20 días, entonces= 1

Δs : Flecha inicial de la viga bajo una carga permanente impuesta

- Δl : Flecha inicial de la viga provocada por la sobrecarga

Para el cálculo de la flecha por sobrecarga se discretiza la flecha debida a la multitud compacta y sobrecarga en veredas (cargas distribuidas) y la flecha debida a la aplanadora (carga puntual: la cual no se dividirá entre los distintos rodillos y se tomará en el centro de la luz).

$$\Delta l_q = \frac{5 q t l^4}{384 E_c I_e} = \frac{5 * 0,0156 \frac{MN}{m} * (15m)^4}{384 * 27806 MPa * 0,151m^4} = 0,0024m = 0,24cm$$

$$\Delta l_p = \frac{P l^3}{48 E_c I_e} = \frac{0,126MN * (15m)^3}{48 * 27806 MPa * 0,151m^4} = 0,0021m = 0,21cm$$

$$\rightarrow \Delta l = \Delta l_q + \Delta l_p = 0,24cm + 0,21cm = 0,45cm$$

qt : Sobrecarga distribuida total, igual a la sobrecarga accidental de multitud compacta y la sobrecarga en las veredas:

$$qt = mc + mcv = 14,85 \frac{KN}{m} + 0,75 \frac{KN}{m} = 15,6 \frac{KN}{m} = 0,0156 \frac{MN}{m}$$

P : Sobrecarga puntual total, igual a la suma de las sobrecargas del rodillo trasero y del rodillo delantero:

$$P = Pd + Pt = 51KN + 75KN = 126KN = 0,126MN$$

I_e : Momento de inercia efectivo para el cálculo de las flechas

- $\left[\left(\frac{M_s}{M_l} \right) \beta_s C_u \right] \Delta l$: Flecha adicional a largo plazo de la viga provocada por la sobrecarga

Esta flecha adicional con la fórmula propuesta, siendo M_l el momento total por sobrecarga y M_s la porción de larga duración del momento por sobrecarga y $C_u = 1,6$ para carga aplicada a una edad de 20 días, o bien multiplicada por el factor β_s correspondiente.

$$\left[\left(\frac{M_s}{M_l} \right) \beta_s C_u \right] \Delta l$$

M_s : Porción de larga duración del momento por sobrecarga= 0MN

$$\rightarrow f_{max} = -0,76cm + 0,4cm - 1,38cm + 0,8cm + 0,81cm + 1,3cm + 0,45cm = 1,62$$

2.9.4. FLECHA ADMISIBLE

Según CIRSOC 201 – 9.5.4.4 las flechas de elementos de hormigón pretensado no deben exceder los límites establecidos en CIRSOC 201 – Tabla 9.5.b): “Flechas máximas admisibles”:

→ Tipo de elemento= Cubiertas o entrepisos que soportan o están unidos a elementos no estructurales que no pueden sufrir daños por grandes deformaciones

$$f_{adm} = \frac{l}{240} = \frac{1500cm}{240} = 6,25cm$$

2.9.5. VERIFICACIÓN DE DEFORMACIÓN

$$f_{max} = 1,62cm < f_{adm} = 6,25cm \rightarrow BC$$

2.10. ARMADURA DE LAS CARAS LATERALES

Según *CIRSOC 201 – Tabla 18.3.3*: “Requisitos para el diseño en condiciones de servicio”, para elementos pretensados de clase T no se requiere ningún requisito de armadura de las caras laterales.

De todos modos, es inaceptable la aparición de fisuras de contracción en el alma de las vigas principales, por lo tanto, se dimensiona la armadura de las caras laterales como si se tratara de una viga de hormigón armado según el punto *CIRSOC 201 – 10.6.7*, colocándose a lo largo de ambas caras laterales del elemento una armadura longitudinal uniforme a una separación s

$$s \leq 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 Cc = 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3} f_y} \right) - 2,5 Cc = 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3} 420 MPa} \right) - 2,5 * 48mm = 260mm$$

$$s \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \left(\frac{280}{\frac{2}{3} f_y} \right) = 300 \left(\frac{280}{\frac{2}{3} 420 MPa} \right) = 300mm$$

$$\rightarrow s_{max} = 260mm = 26cm$$

s : Tensión en la armadura más cercana a la cara traccionada bajo las cargas de servicio. Se permite tomar igual a $2/3 f_y$.

Cc : Menor distancia entre la superficie de la armadura o del acero de pretensado y la cara traccionada.

$$Cc = r_{lat} + \phi_{est} = 4cm + 0,8cm = 4,8cm = 48mm$$

Se adoptan como armadura de piel $\phi 8mm$ cada 15cm en las caras laterales.

2.11. VERIFICACION COMO ELEMENTO DE HORMIGÓN CONSTITUIDO EN ETAPAS: CONECTORES

2.11.1. INTRODUCCIÓN

Para que la viga prefabricada y la losa trabajen en conjunto es necesario que no haya deslizamiento entre ellas. Para tal fin se disponen elementos de unión llamados conectores, que no son más que los estribos de la viga principal que se llevan hasta la losa. Se verificará si los estribos de la viga principal adoptados cumplen con los requisitos de *CIRSOC 201 - Capítulo 17*.

2.11.2. ESTRIBOS PARA CORTE HORIZONTAL

2.11.2.1. Estribos disponibles

Según *CIRSOC 201 – 17.6*, cuando se opte por colocar estribos para transmitir el corte horizontal se deben verificar las siguientes condiciones:

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

- Separación máxima de estribos

$$sv \leq 4 \text{ veces la menor dimensión del elemento soportado (hl)} = 4 * 20\text{cm} = 80\text{cm}$$

$$sv \leq 400\text{mm} = 40\text{cm} \quad sv \text{ max} = 40\text{cm} > s = 35\text{cm} \rightarrow BC$$

hl: Espesor de la losa de tablero.

s: Separación de estribos.

- Área de estribos mínima

Este capítulo exige la verificación de los estribos mínimos según CIRSOC 201 - 11.5.6.3, tal como ya se realizó.

2.11.3. VERIFICACIÓN RESISTENCIA AL CORTE HORIZONTAL

- Según CIRSOC 201 – 17.5.2 se debe verificar que:

$$d \geq 0,8h \rightarrow 1,32\text{m} > 1,13\text{m} \rightarrow BC$$

d: Distancia desde la fibra extrema comprimida hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada tesa o no tesa.

h: Altura total de la sección transversal

- Según CIRSOC 201 – 17.5.3 se debe verificar que:

$$Vdh = \phi Vnh \geq Vuv$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según CIRSOC 201 – 9.3.2.3= 0,75

Vuv: Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada, en N.

$$Vu = 0,61\text{MN}$$

Vnh: Resistencia nominal al corte horizontal. Según CIRSOC 201 –17.5.3.3, cuando se coloquen estribos mínimos de acuerdo con lo indicado con el artículo 17.6 y las superficies de contacto estén limpias, libres de lechada y se haya hecho intencionalmente rugosas con una profundidad aproximada de 5mm, la resistencia al corte Vnh es:

$$Vnh = (1,8 + 0,6 \rho v fyt) \lambda bw d \leq 3,5 bv d$$

ρv : Relación entre el área de estribos y el área de la superficie de contacto: Av/bvs.

$$\rho v = \frac{Av}{bw s} = 2,85 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} * \frac{1}{30\text{cm}} = 0,095 \frac{\text{cm}}{\text{m}} = 0,0095$$

fyt: Tensión de fluencia especificada da la armadura transversal no tesa, en MPa= 420MPa

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm

λ : Factor de modificación relacionado con la densidad del hormigón. Según CIRSOC 201 – 11.7.4.3 para hormigón de densidad normal= 1

$$Vnh = (1,8 + 0,6 \rho v fyt) \lambda bw d \leq 3,5 bw d$$

$$Vnh = (1,8 + 0,6 * 0,0095 * 420\text{MPa}) * 1 * 300\text{mm} * 1320\text{mm} = 1,66\text{MN} \\ > 3,5 * 300\text{mm} * 1320\text{mm} = 1,4\text{MN}$$

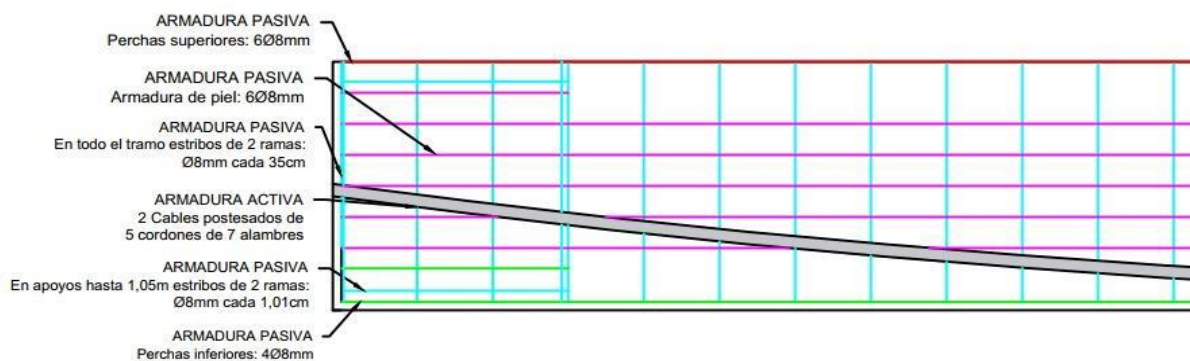
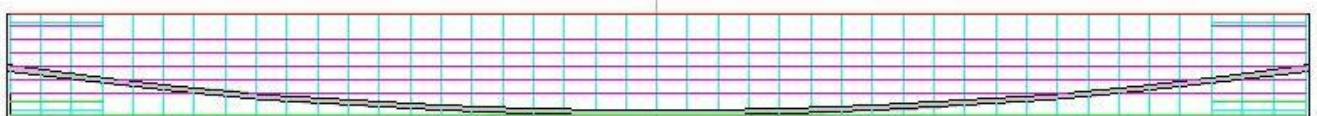
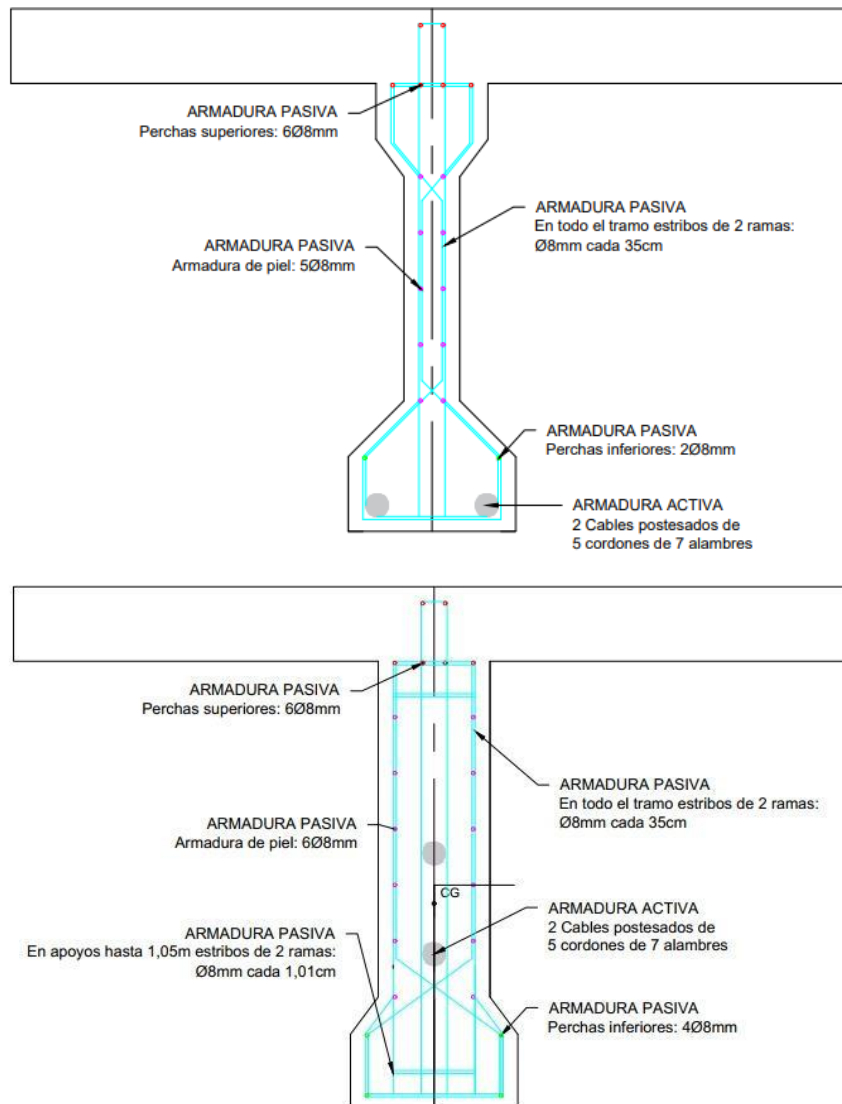
$$Vdh = 0,75 * 1,4\text{MN} = 1,05\text{MN} > Vu = 0,61\text{MN} \rightarrow BC$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N° 11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

2.12. ESQUEMA FINAL



3. VIGAS SECUNDARIAS

3.1 DATOS

3.1.1 DISEÑO

Viga de hormigón armado, H-30 y acero ADN 420.

Simplemente apoyada en las vigas principales.

Sección rectangular cuyas dimensiones se observan en la siguiente imagen:

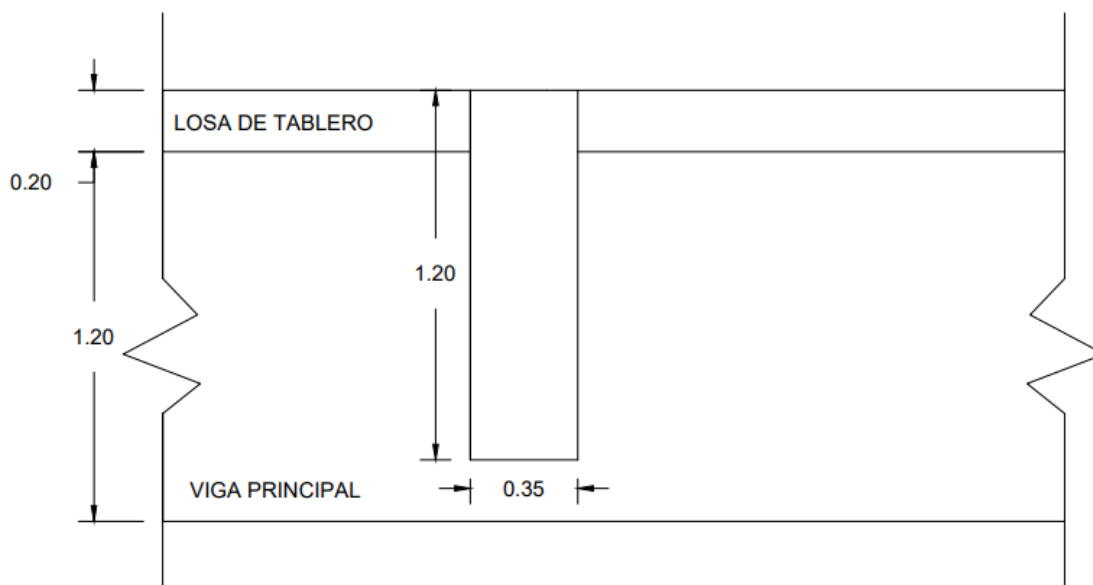


FIG VI.3.1 – Sección viga secundaria

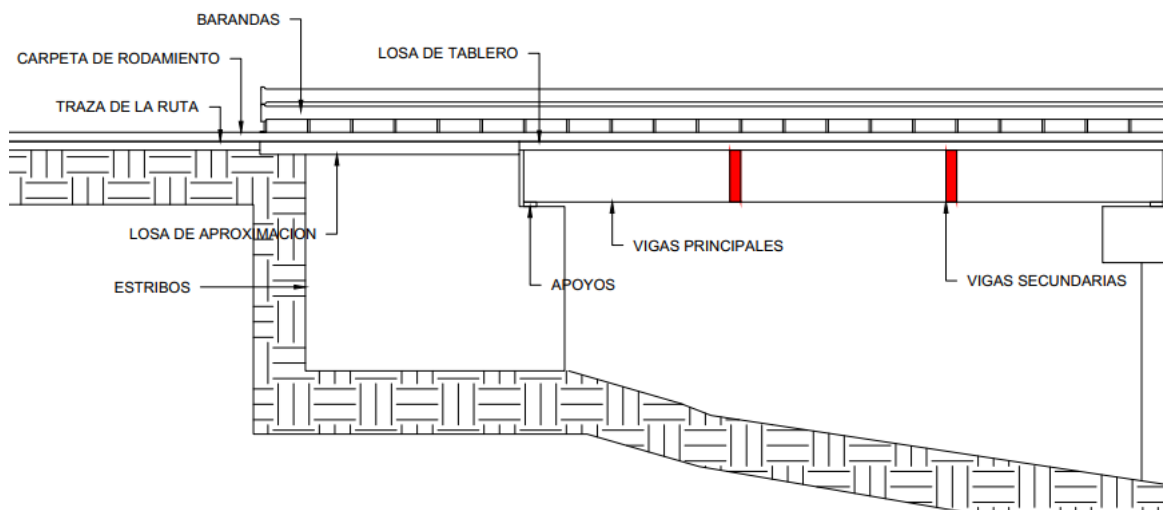


FIG VI.3.2: Viga secundaria en sección longitudinal.- FUENTE: Elaboración propia.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

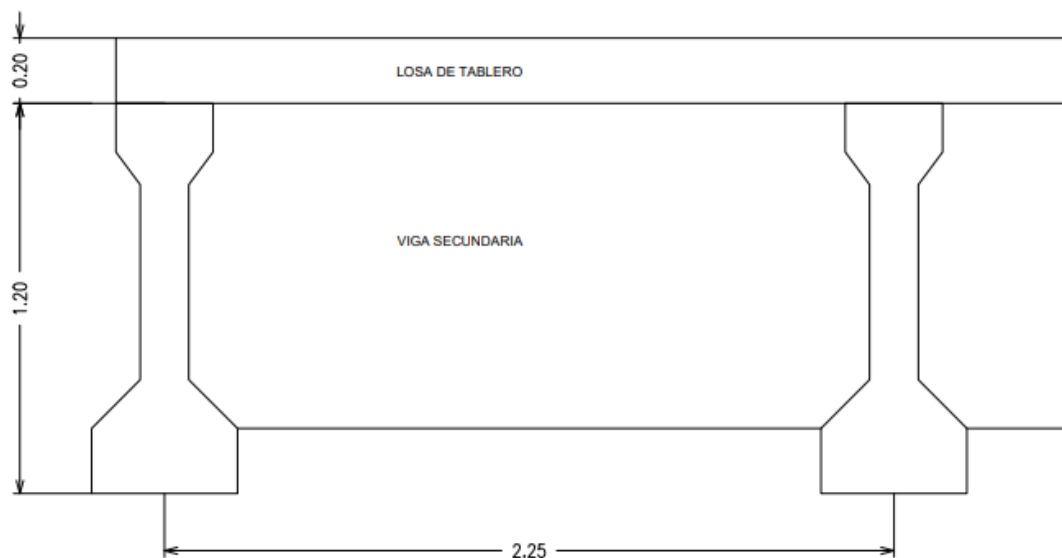


FIG VI.3.3: Vista lateral viga secundaria. - FUENTE: Elaboración propia.

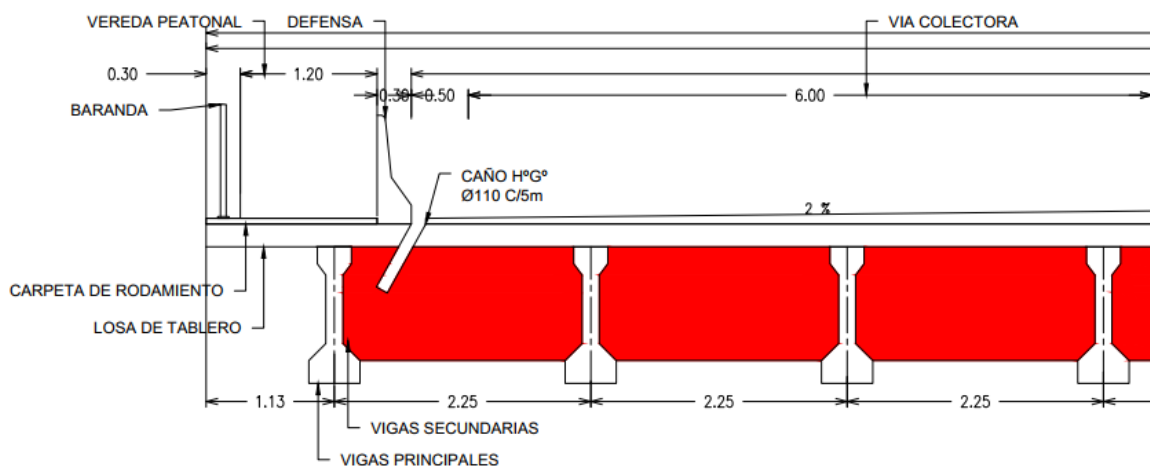


FIG VI.3.4: Viga secundaria en sección transversal. - FUENTE: Elaboración propia.

3.1.2 LUCES DE CÁLCULO

Según BCPHA (DNV) – B.5.B.I, la luz de cálculo es:

$$l_{cal} = s_{vigasp} = 2,25m$$

3.2 ANÁLISIS DE CARGAS

La función de este elemento estructural es que actúen en conjunto las vigas longitudinales ante la carga móvil de la aplanadora, por ende, la única carga será esta.

3.2.1 IMPACTO

Para este tipo de estructuras, según BCPHA A.2.C (FIGURA VI.1.16)

$$\phi = 1,4$$

3.2.2 SOBRECARGA ACCIDENTAL

Según *BCPHA A.2.B*, se tiene un puente del tipo A-30, ya que pertenece a la red nacional y está sometido a tránsito de vehículos pesados.

Por lo tanto, se debe considerar como sobrecarga accidental a una aplanadora de 300KN.

La carga producida por la aplanadora tipo de 300KN se considera puntual por su gran magnitud en tan pequeña superficie.

Si se afecta la carga por el coeficiente de impacto mencionado en el punto anterior:

$$P = A \phi = 300KN * 1,4 = 420KN$$

Para determinar las máximas solicitaciones, se debe considerar a la aplanadora en distintas posiciones, generando los siguientes estados:

ESTADO 1: Carga centrada

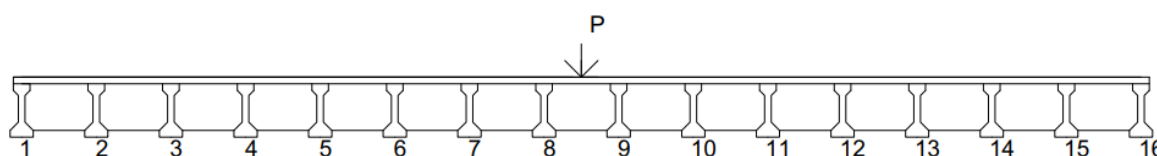


FIG VI.3.5 – Aplanadora centrada en viga secundaria

ESTADO 2: Carga excéntrica

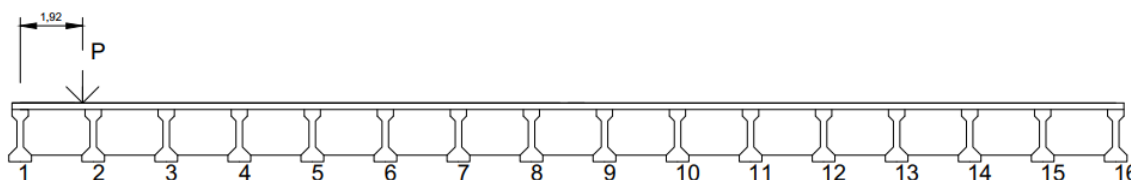


FIG VI.3.6 – Aplanadora excéntrica en viga secundaria

3.3 SOLICITACIONES

3.3.1 SOLICITACIONES POR SOBRECARGA ACCIDENTAL L

Este elemento no debe transmitir las reacciones rígidamente, sino que lo debe hacer de manera flexible es por ello que el cálculo de las reacciones y sus correspondientes solicitaciones se realiza de la siguiente manera:

$$N_i = \frac{P}{N^{\circ} \text{vigas}} \pm \frac{x_i P e}{\sum x_i^2} = \frac{P}{N^{\circ} \text{vigas}} + \frac{x_i M}{\sum x_i^2}$$

N_i : Reacción en el apoyo i.

$N^{\circ} \text{vigas}$: Número de vigas principales= 16

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

P: Sobrecarga accidental de aplanadora afectada por el coeficiente de impacto= 420KN

e: Excentricidad de *P* respecto al eje baricéntrico de la viga secundaria.

M: Momento por excentricidad de carga *P*.

xi: Distancia desde cada viga principal hasta el eje baricéntrico central de la viga secundaria.

$$x_1 = x_{16} = 16,88m$$

$$x_2 = x_{15} = 14,63m$$

$$x_3 = x_{14} = 12,38m$$

$$x_4 = x_{13} = 10,13m$$

$$x_5 = x_{12} = 7,88m$$

$$x_6 = x_{11} = 5,63m$$

$$x_7 = x_{10} = 3,38m$$

$$x_8 = x_9 = 1,13m$$

$$\sum x_i^2 = [2 * (16,88 + 14,63 + 12,38 + 10,13 + 7,88 + 5,63 + 3,38 + 1,13)]^2 = 1722,69 m^2$$

3.3.1.1 ESTADO 1: Aplanadora centrada

- Reacciones (convención de signos ↑+)

$$e = 0m \quad M = 0KNm$$

$$\begin{aligned} N_1 = N_2 = N_3 = N_4 = N_5 = N_6 = N_7 = N_8 = N_9 = N_{10} = N_{11} = N_{12} \\ = N_{13} = N_{14} = N_{15} = N_{16} = \frac{420KN}{16} = 26,25KN \end{aligned}$$

- Esfuerzos de corte (convención de signos ↑+)

$$V_{1der} = N_1 = 26,25KN = V_{2izq}$$

$$V_{2der} = N_1 + N_2 = 52,5KN = V_{3izq}$$

$$V_{3der} = N_1 + N_2 + N_3 = 78,75KN = V_{4izq}$$

$$V_{4der} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 = 105KN = V_{5izq}$$

$$V_{5der} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 = 131,25KN = V_{6izq}$$

$$V_{6der} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 = 157,5KN = V_{7izq}$$

$$V_{7der} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 = 183,75KN = V_{8izq}$$

$$V_{8der} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 = 210KN = V_{9izq}$$

$$V_{9der} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + N_8 - P = -210KN = V_{10izq}$$

$$V_{10der} = -N_{10} - N_{11} - N_{12} - N_{13} - N_{14} - N_{15} - N_{16} = -183,75 = V_{11izq}$$

$$V_{11der} = -N_{11} - N_{12} - N_{13} - N_{14} - N_{15} - N_{16} = -157,5KN = V_{12izq}$$

$$V_{12der} = -N_{12} - N_{13} - N_{14} - N_{15} - N_{16} = -131,25KN = V_{13izq}$$

$$V_{13der} = -N_{13} - N_{14} - N_{15} - N_{16} = 105KN = V_{14izq}$$

$$V_{14der} = -N_{14} - N_{15} - N_{16} = 78,75KN = V_{15izq}$$

$$V_{15der} = -N_{15} - N_{16} = 52,5KN = V_{16izq}$$

$$V_{16der} = -N_{16} = 26,25KN = V_{17izq}$$

- Momentos flectores (convención de signos $\cup$ +)

$$M1 = M16 = 0 \text{ KNm}$$

$$M2 = N1 * 2,25 \text{ m} = 59,1 \text{ KNm} = M15$$

$$M3 = N2 * 2,25 \text{ m} + N1 * 4,5 \text{ m} = 177,19 \text{ KNm} = M14$$

$$M4 = N3 * 2,25 \text{ m} + N2 * 4,5 \text{ m} + N1 * 6,75 = 354,38 \text{ KNm} = M13$$

$$M5 = N4 * 2,25 \text{ m} + N3 * 4,5 \text{ m} + N2 * 6,75 + N1 * 9 = 590,63 \text{ KNm} = M12$$

$$M6 = N5 * 2,25 \text{ m} + N4 * 4,5 \text{ m} + N3 * 6,75 + N2 * 9 + N1 * 11,25 = 885,94 \text{ KNm} = M11$$

$$M7 = N6 * 2,25 \text{ m} + N5 * 4,5 \text{ m} + N4 * 6,75 + N3 * 9 + N2 * 11,25 + N1 * 13,5 = 1240,31 \text{ KNm} = M10$$

$$M8 = N7 * 2,25 \text{ m} + N6 * 4,5 \text{ m} + N5 * 6,75 + N4 * 9 + N3 * 11,25 + N2 * 13,5 + N1 * 15,75 = 1653,75 \text{ KNm} = M9$$

3.3.1.2 ESTADO 2: Aplanadora excéntrica

- Reacciones (convención de signos $\uparrow$ +)

$$e = \frac{33,75 \text{ m}}{2} - \frac{2,5 \text{ m}}{2} - (1,8 - 1,13) \text{ m} = 14,96 \text{ m}$$

$$M = P * e = 420 \text{ KN} * 14,96 \text{ m} = 6283,2 \text{ KNm}$$

$$N1 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{16,88 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 87,82 \text{ KN}$$

$$N2 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{14,63 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 79,61 \text{ KN}$$

$$N3 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{12,38 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 71,4 \text{ KN}$$

$$N4 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{10,13 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 63,2 \text{ KN}$$

$$N5 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{7,88 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 55 \text{ KN}$$

$$N6 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{5,63 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 46,78 \text{ KN}$$

$$N7 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{3,38 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 38,58 \text{ KN}$$

$$N8 = \frac{420 \text{ KN}}{16} + \frac{1,13 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 30,38 \text{ KN}$$

$$N9 = \frac{420 \text{ KN}}{16} - \frac{1,13 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 22,13 \text{ KN}$$

$$N10 = \frac{420 \text{ KN}}{16} - \frac{3,38 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 13,92 \text{ KN}$$

$$N11 = \frac{420 \text{ KN}}{16} - \frac{5,63 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = 5,72 \text{ KN}$$

$$N12 = \frac{420 \text{ KN}}{16} - \frac{7,88 \text{ m} * 6283,2 \text{ KNm}}{1722,69 \text{ m}^2} = -2,49 \text{ KN}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$N13 = \frac{420KN}{16} - \frac{10,13m * 6283,2KNm}{1722,69m^2} = -10,7 KN$$

$$N14 = \frac{420KN}{16} - \frac{12,38m * 6283,2KNm}{1722,69m^2} = -18,9 KN$$

$$N15 = \frac{420KN}{16} - \frac{14,63m * 6283,2KNm}{1722,69m^2} = -27,11 KN$$

$$N16 = \frac{420KN}{16} - \frac{16,88m * 6283,2KNm}{1722,69m^2} = -35,32 KN$$

- Esfuerzos de corte (convención de signos ↑+)

$$V1der = N1 = 87,82 KN = V0izq$$

$$V0der = N1 - P = -332,18KN = V2izq$$

$$V2der = N1 + N2 - P = -252,57KN = V3izq$$

$$V3der = N1 + N2 + N3 - P = -181,17KN = V4izq$$

$$V4der = N1 + N2 + N3 + N4 - P = -117,97KN = V5izq$$

$$V5der = N1 + N2 + N3 + N4 + N5 - P = -62,98KN = V6izq$$

$$V6der = N1 + N2 + N3 + N4 + N5 + N6 - P = -16,2KN = V7izq$$

$$V7der = N1 + N2 + N3 + N4 + N5 + N6 + N7 - P = 22,38KN = V8izq$$

$$V8der = N1 + N2 + N3 + N4 + N5 + N6 + N7 + N8 - P = 52,75KN = V9izq$$

$$V9der = +N10 + N11 + N12 + N13 + N14 + N15 + N16 = 74,88KN = V10izq$$

$$V10der = -N11 - N12 - N13 - N14 - N15 - N16 = 88,8KN = V11izq$$

$$V11der = -N12 - N13 - N14 - N15 - N16 = 94,52KN = V12izq$$

$$V12der = -N13 - N14 - N15 - N16 = 92,03KN = V13izq$$

$$V13der = -N14 - N15 - N16 = 81,33KN = V14izq$$

$$V14der = -N15 - N16 = 62,43KN = V15izq$$

$$V15der = -N16 = 35,32KN = V16izq$$

- Momentos flectores (convención de signos ∪+)

$$M1 = M16 = 0KNm$$

$$M0 = N1 * 1,92m = 168,61KNm$$

$$M2 = N1 * 2,25m - P * 0,33m = 58,99KNm$$

$$M3 = N2 * 2,25m + N1 * 4,5m - P * 2,58m = -509,3 KNm$$

$$M4 = N3 * 2,25m + N2 * 4,5m + N1 * 6,75m - P * 4,83m = -916,93KNm$$

$$M5 = N4 * 2,25m + N3 * 4,5m + N2 * 6,75m + N1 * 9m - P * 7,08m = -1182,37KNm$$

$$M6 = N5 * 2,25m + N4 * 4,5m + N3 * 6,75m + N2 * 9m + N1 * 11,25m - P * 9,33m = -1324,08KNm$$

$$M7 = N6 * 2,25m + N5 * 4,5m + N4 * 6,75m + N3 * 9m + N2 * 11,25m + N1 * 13,5m - P * 11,58m = -1360,52KNm$$

$$M8 = N7 * 2,25m + N6 * 4,5m + N5 * 6,75m + N4 * 9m + N3 * 11,25m + N2 * 13,5m + N1 * 15,75m - P * 13,83m = -1310,16 KNm$$

$$M9 = N8 * 2,25m + N7 * 4,5m + N6 * 6,75m + N5 * 9m + N4 * 11,25m + N3 * 13,5m + N2 * 15,75m + N1 * 18m - P * 16,08m = -1191,47 KNm$$

$$M10 = N9 * 2,25m + N8 * 4,5m + N7 * 6,75m + N6 * 9m + N5 * 11,25m + N4 * 13,5m + N3 * 15,75m + N2 * 18m + N1 * 20,25m - P * 18,33m = -1022,98KNm$$

$$M11 = N10 * 2,25m + N9 * 4,5m + N8 * 6,75m + N7 * 9m + N6 * 11,25m + N5 * 13,5m + N4 * 15,75m + N3 * 18m + N2 * 20,25m + N1 * 22,5m - P * 20,58m = -823,18KNm$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$M_{12} = N_{11} \cdot 2,25m + N_{10} \cdot 4,5m + N_9 \cdot 6,75m + N_8 \cdot 9m + N_7 \cdot 11,25m + N_6 \cdot 13,5m + N_5 \cdot 15,75m + N_4 \cdot 18m + N_3 \cdot 20,25m + N_2 \cdot 22,5m + N_1 \cdot 24,75m - P \cdot 22,83m = -610,51 \text{ KNm}$$

$$M_{13} = N_{12} \cdot 2,25m + N_{11} \cdot 4,5m + N_{10} \cdot 6,75m + N_9 \cdot 9m + N_8 \cdot 11,25m + N_7 \cdot 13,5m + N_6 \cdot 15,75m + N_5 \cdot 18m + N_4 \cdot 20,25m + N_3 \cdot 22,5m + N_2 \cdot 24,75m + N_1 \cdot 27m - P \cdot 25,08m = -403,45 \text{ KNm}$$

$$M_{14} = N_{13} \cdot 2,25m + N_{12} \cdot 4,5m + N_{11} \cdot 6,75m + N_{10} \cdot 9m + N_9 \cdot 11,25m + N_8 \cdot 13,5m + N_7 \cdot 15,75m + N_6 \cdot 18m + N_5 \cdot 20,25m + N_4 \cdot 22,5m + N_3 \cdot 24,75m + N_2 \cdot 27m + N_1 \cdot 29,25m - P \cdot 27,33m = -220,45 \text{ KNm}$$

$$M_{15} = N_{14} \cdot 2,25m + N_{13} \cdot 4,5m + N_{12} \cdot 6,75m + N_{11} \cdot 9m + N_{10} \cdot 11,25m + N_9 \cdot 13,5m + N_8 \cdot 15,75m + N_7 \cdot 18m + N_6 \cdot 20,25m + N_5 \cdot 22,5m + N_4 \cdot 24,75m + N_3 \cdot 27m + N_2 \cdot 29,25m + N_1 \cdot 31,5m - P \cdot 29,58m = -79,99 \text{ KNm}$$

3.4 RESISTENCIA REQUERIDA

Según *CIRSOC 201 – 9.2*, teniendo en cuenta que solo se consideró como cargas la sobrecarga de aplanadora (L) en la viga secundaria, la resistencia requerida es igual a:

$$M_{uinf} = 1,6 M_{maxinf} = 1,6 \cdot 1653,75 \text{ KNm} = 2646 \text{ KNm}$$

$$M_{usup} = 1,6 M_{maxsup} = 1,6 \cdot -1360,52 \text{ KNm} = 2176,83 \text{ KNm}$$

$$V_u = 1,6 V_{max} = 1,6 \cdot 332,18 \text{ KN} = 531,49 \text{ KN}$$

3.5 DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGÓN

3.5.1 ANCHO DE LA VIGA

Se adopta un ancho de viga secundaria igual a

$$b_w = 0,35m$$

3.5.2 ALTURA TOTAL DE LA VIGA

3.5.2.1 Por deformación.

Según *CIRSOC 201 – Tabla 9.5.a*): “Altura o espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección, para el caso en que no se realice un cálculo de flechas”, para vigas o losas nervuradas en una dirección:

$$\rightarrow \text{Ambos extremos continuos: } h_{min} = \frac{l}{21} = \frac{2250}{21} = 107,1mm \simeq 10,71cm$$

l: Luz del elemento (mm).

H: Espesor o altura total de la sección transversal de un elemento (mm).

3.5.2.2 Altura adoptada

Las recomendaciones prácticas indican que lo más adecuado es adoptar la altura de la viga secundaria teniendo en cuenta las dimensiones de la viga principal, así la altura total resulta ser la de la viga principal menos la altura del ala inferior de la sección T. También es válido considerar que la viga secundaria abarcar la altura de la losa de tablero, por lo tanto:

$$h = h_{vp} - h_{vp \text{ ala inf}} + h_{lt} = 1,2m - 0,2m + 0,2m = 1,2m > h_{min} = 0,107m$$

3.5.3 RECUBRIMIENTO MÍNIMO

Según *CIRSOC 201– Tabla 7.7.1*: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $db \leq 16mm$

$$r_{min} = 30mm = 3cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es A3, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{A3min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30mm = 39mm = 3,9cm$$

$$r = 400mm = 4cm > r_{A3min} = 3,9cm$$

3.5.4 ALTURA ÚTIL DE LA VIGA

$$h = 1m \text{ y } r = 4cm = 0,04m$$

$$d = h - r - destr - db = 1,2m - 0,04m - 0,01m - 0,025m = 1,125m$$

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $db=25mm$, colocado en 2 capas y diámetro de estribos $dest=10mm$.

3.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA

3.6.1 ARMADURA LONGITUDINAL – FLEXIÓN

Adoptaremos armaduras longitudinales inferior y superior uniforme en toda la viga secundaria, por lo cual trabajaremos con los momentos máximos inferior y superior mayorados.

3.6.1.1 Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2* el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

3.6.1.2 Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30MPa

Según CIRSOC 201 – 10.2.7.3 $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según CIRSOC 201 – 10.2.2.1 $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30\text{MPa} = 25,5\text{MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Según CIRSOC 201 – EJEMPLOS DE APLICACIÓN

$$\rightarrow k_{amin} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5\text{MPa}} = 0,055$$

3.6.1.3 Separación libre mínima

Según CIRSOC 201 – 7.6.5, la separación libre mínima en elementos sometidos a flexión (s_{min}) debe ser:

$$S \geq db = 3,2\text{cm}$$

$$S \geq 25\text{mm} = 2,5\text{cm}$$

$$S \geq 1,33\text{TMN} = 1,33 * 1,9\text{cm} = 2,52\text{cm}$$

db : Mayor diámetro de la barra o alambre.

TMN : Tamaño máximo nominal de agregados.

$$S_{min} = 3,2\text{cm}$$

3.6.1.4 Dimensionamiento armadura longitudinal inferior

3.6.1.4.1 Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md : Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 2646 \text{ KNm}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{2646\text{KNm}}{0,9} = 2940\text{KNm}$$

3.6.1.4.2 Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f^*c bw d^2} = \frac{2940KNm}{25500 \frac{KN}{m^2} 0,35m (1,125m)^2} = 0,26$$

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección

f^*c : Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente.

bw : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa.

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,26} = 0,307 > kamin = 0,055$$

$$ka = 0,307$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,307}{0,85} = 0,361 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión $A's=0$

$$Asnec = \frac{ka f^*c bw d}{fy} = \frac{0,307 25,5MPa 350mm 1125mm}{420 MPa} = 7339,22 \frac{mm^2}{m} = 73,39 \frac{cm^2}{m}$$

$Asnec$: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

fy : Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

3.6.1.4.3 Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon c + \epsilon t)}{d} \rightarrow \epsilon t = \epsilon c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,361)}{0,361} = 5,31\text{‰} > \epsilon tu = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵt : Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon tu = 5\text{‰}$.

ϵc : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon cu = 3\text{‰}$.

3.6.1.4.4 Armadura adoptada

Se adoptan 10Ø32mm separados uniformemente en la parte inferior

$$As_{adop} = 10 * 8,04cm^2 = 80,4cm^2 > As_{nec} = 73,39cm^2 \rightarrow BC$$

Como se mencionó anteriormente en la altura útil, se dispondrán en 2 capas:

$$s = \frac{bw - (2r + 2\emptyset_{estr} + \emptyset_{adop})}{4} = \frac{35cm - (2 * 4cm + 2 * 1cm + 3,2cm)}{4} \\ = 5,45cm > s_{min} = 3,2cm \rightarrow BC$$

3.6.1.5 Dimensionamiento armadura longitudinal superior

3.6.1.5.1 Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \emptyset Mn \geq Mu$$

Md : Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 2176,83KNm$$

$\emptyset$: Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\emptyset = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{2176,83KNm}{0,9} = 2418,7KNm$$

3.6.1.5.2 Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f * c * bw * d^2} = \frac{2418,7KNm}{25500 \frac{KN}{m^2} * 0,35m * (1,125m)^2} = 0,214$$

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

$f*c$: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente .

bw : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa.

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,214} = 0,244 > k_{amin} = 0,055$$

$$ka = 0,244$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,244}{0,85} = 0,287 < k_{cmax} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión $A's=0$

$$As_{nec} = \frac{k a f * c b w d}{f_y} = \frac{0,244 \cdot 25,5 \text{ MPa} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 1125 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 5833,13 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} = 58,33 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

As_{nec} : Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y : Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

3.6.1.5.3 Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d-c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d-c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1-kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1-0,287)}{0,287} = 7,45\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\text{‰}$.

3.6.1.5.4 Armadura adoptada

Se adoptan 8Ø32mm separados uniformemente en la parte superior

$$As_{adop} = 8 * 8,04 \text{ cm}^2 = 64,32 \text{ cm}^2 > As_{nec} = 58,33 \text{ cm}^2 \rightarrow BC$$

Como se mencionó anteriormente en la altura útil, se dispondrán en 2 capas:

$$s = \frac{bw - (2r + 2\emptyset_{estr} + \emptyset_{adop})}{2} = \frac{35 \text{ cm} - (2 * 4 \text{ cm} + 2 * 1 \text{ cm} + 3,2 \text{ cm})}{2} = 7,27 \text{ cm} > s_{min} = 3,2 \text{ cm} \rightarrow BC$$

3.6.1.6 Estribos verticales – Corte

Adoptaremos estribado uniforme en toda la viga secundaria, por lo cual trabajaremos con el esfuerzo de corte mayorado máximo.

Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según CIRSOC 201 – 9.3.2.3:

$$\emptyset = 0,75$$

3.6.1.6.1 Resistencia nominal al corte proporcionado por el hormigón.

Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, CIRSOC 201 – 11.3.1.1:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{1}{6} \sqrt{30 \text{ MPa}} * 350 \text{ mm} * 1125 \text{ mm} = 359442,93 \text{ N} = 359,44 \text{ kN}$$

$\sqrt{f'_c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3 \text{ MPa}$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'_c} = \sqrt{30 \text{ MPa}} = 5,48 \text{ MPa} < 8,3 \text{ MPa}$$

3.6.1.6.2 Separación límite de estribos

Según *CIRSOC 201 – 11.5.5.1*, la separación límite ($s_{\max}$) de la armadura de corte ubicada en forma perpendicular al eje del elemento debe ser:

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{112,5 \text{ cm}}{2} = 56,25 \text{ cm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm} \Rightarrow s_{\max} = 40 \text{ cm}$$

3.6.1.6.3 Armadura mínima de corte

Según *CIRSOC 201 – 11.5.5*

Para $V_u = 531,49 \text{ kN} > 0,5 \phi V_c = 0,5 * 0,75 * 359,44 \text{ kN} = 134,79 \text{ kN}$

$$\frac{A_{vmin}}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{30 \text{ MPa}} \frac{350 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 0,29 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 2,9 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq 0,33 \frac{350 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 0,275 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 2,75 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

3.6.1.6.4 Resistencia nominal al corte

$$V_n \geq \frac{V_u}{\phi} = \frac{531,49}{0,75} = 708,65 \text{ kN}$$

V_u : Esfuerzo de corte requerido para resistir las cargas mayoradas máximo

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura. Según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*, para corte y torsión = 0,75

3.6.1.6.4.1 Estribado necesario

$$V_{snc} = V_n - V_c = 708,65 \text{ kN} - 359,44 \text{ kN} = 349,21 \text{ kN}$$

$$\frac{A_{vnc}}{s} = \frac{V_{snc}}{d f_{yt}} = \frac{349,21 \text{ kN}}{1,125 \text{ m} * 42 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 7,39 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{A_{vmin}}{s} = 2,9 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

f_{yt} : Tensión de fluencia especificada de la armadura transversal, no tesa = 420 MPa = 42 kN/cm²

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

3.6.1.6.4.2 Estribado adoptado

Se adoptan estribos verticales de 2 ramas, $\phi 8\text{mm}$ cada 12cm:

$$\frac{A_{\text{adop}}}{s} = 2 \left(\frac{0,503\text{cm}^2}{0,12\text{m}} \right) = 8,38 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{A_{\text{nec}}}{s} = 7,39 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow BC$$
$$V_{\text{adop}} = d f_{yt} \left(\frac{A_{\text{adop}}}{s} \right) = 1,125\text{m} * 42 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} * 8,38 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 395,96\text{KN}$$

- Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.7.9:

$$V_{\text{adop}} \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b w d$$

$$V_{\text{adop}} = 395,96\text{KN} \leq \frac{2}{3} \sqrt{30\text{MPa}} 350\text{mm} * 1125\text{mm} = 1437771,7\text{N} = 1437,77\text{KN} \rightarrow BC$$

- Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.5.3:

$$V_{\text{adop}} > \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b w d$$

$$V_{\text{adop}} = 395,96\text{KN} < \frac{1}{3} \sqrt{30\text{MPa}} * 350\text{mm} * 1125\text{mm} = 718885,9\text{N} = 718,89\text{KN}$$

Las separaciones máximas se deben reducir a la mitad, por lo tanto:

$$s_{\text{max}} = 20\text{cm}$$
$$s = 12\text{cm} < s_{\text{max}} = 20\text{cm} \rightarrow BC$$

3.6.1.7 Armadura de fisuración

Según CIRSOC 201 – 10.6.7, cuando una viga tenga un H mayor a 0,90m se debe colocar a lo largo de ambas caras laterales del elemento una armadura longitudinal uniforme para controlar las fisuraciones a una separación s:

$$s \leq 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5Cc = 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}f_y} \right) = 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}420\text{MPa}} \right) - 2,5(48\text{mm}) = 260\text{mm}$$
$$s \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}f_y} \right) = 300 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}420\text{MPa}} \right) = 300\text{mm}$$
$$s_{\text{max}} = 260\text{mm} = 26\text{cm}$$

f_s : Tensión en la armadura más cercana a la cara traccionada bajo las cargas de servicio. Se permite tomar igual a $2/3 f_y$.

Cc : Menor distancia entre la superficie de la armadura o del acero de pretensado y la cara traccionada.

$$Cc = r_{\text{lat}} + \emptyset_{\text{est}} = 4\text{cm} + 0,8\text{cm} = 4,8\text{cm} = 48\text{mm}$$

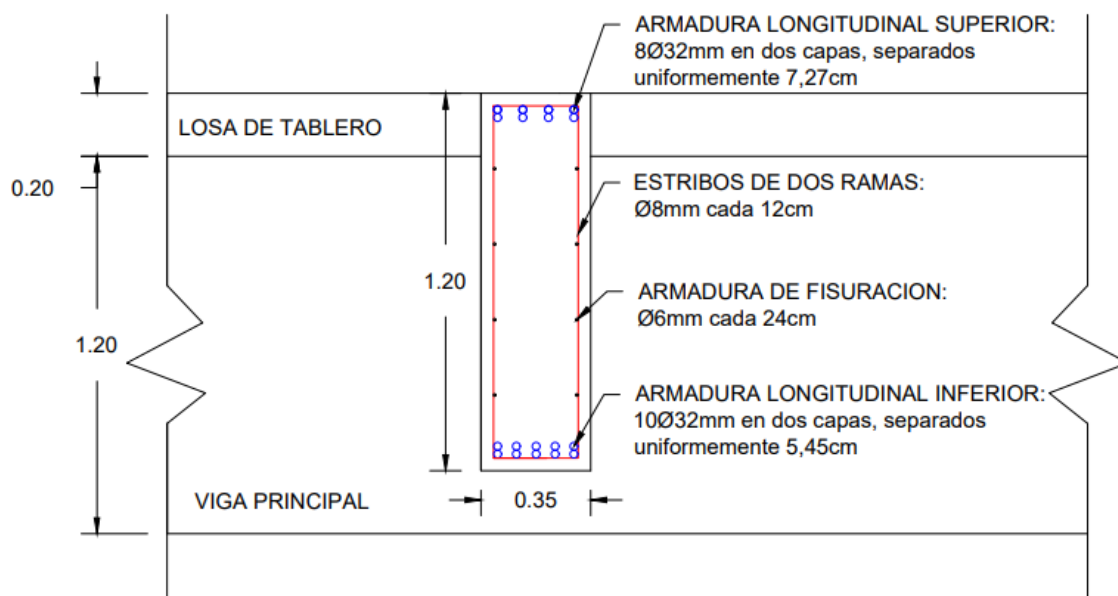
Se adoptan $\phi 6\text{mm}$ cada 25cm en las caras laterales.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

3.7 RESUMEN SECCIÓN Y ARMADURA



4. LOSA DE APROXIMACIÓN

4.1 DATOS

4.1.1 DISEÑO

Losa de hormigón armado H-30 y acero ADN 420.

Se la considera simplemente apoyada en el estribo y en el terraplén de acceso al puente.

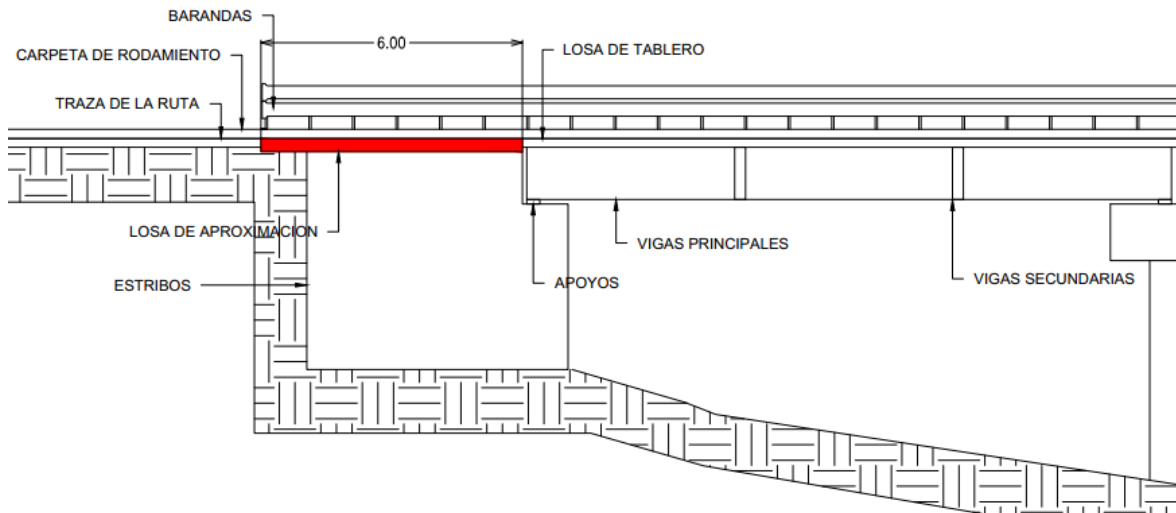


FIGURA VI.4.1: Diseño losa de aproximación. - FUENTE: Elaboración propia

4.1.2 LUCES DE CÁLCULO

Según *Dirección General de Carreteras – “Guía para la concepción de puentes integrales de carreteras (Madrid, 2000)”* y recomendaciones prácticas de profesionales, la luz de esta losa se establece empíricamente y suele estar entre 3m y 6m, normalmente se adopta 6m.

$$l_{cal} = 6m$$

4.1.3 ALTURA

a. Altura mínima

Según *AASHTO LRFD 2012 – “Bridge Design Specification”* el espesor mínimo para losas de transición es de 20cm.

b. Alturas recomendadas

Según la *Dirección General de Carreteras – “Guía para la concepción de puentes integrales de carreteras (Madrid, 2000)”*, el espesor de la losa de transición suele estar entre 20cm a 30cm.

c. Altura por deformación

Según *CIRSOC 201 – Tabla 9.5.a): “Altura o espesor mínimo de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección, para el caso en que no se realice un cálculo de flechas”*, para una losa maciza armada en una dirección simplemente apoyadas:

$$h_{min} = \frac{l}{20} = \frac{6000mm}{20} = 300mm = 30cm$$

l : Luz del elemento (mm).

h : Espesor o altura total de la sección transversal de un elemento (mm).

Se adopta $h = 30cm$, para realizar el análisis de carga y luego se verificará

4.2 ANÁLISIS DE CARGAS

4.2.1 CARGAS PERMANENTES

a. Peso propio losa

- Características:
Material: Hormigón Armado H-0
Espesor: 20cm.
- Peso unitario: Según *BCPHA DNV – A.2.A*, para hormigón armado y $H^\circ A^\circ = 25 \text{ KN/m}^3$
- Peso propio: $ppt = h \gamma H^\circ A^\circ = 0,3m * 25 \frac{KN}{m^3} = 7,5 \frac{KN}{m^2}$

b. Peso propio carpeta de rodamiento

- Características:
Material: Concreto asfáltico
Espesor: Se utiliza un promedio de espesor ya que el mismo es variable para darle a la calzada la pendiente necesaria para su desagüe. $\frac{0,05m + (0,05m + 0,02m * 16,5m)}{2} = 0,21m$
- Peso unitario: Según *BCPHA DNV – A.2.A*, para mortero de bitumen y arena $\gamma = 22 \text{ KN/m}^3$
- Peso propio: $ppcr = h \gamma CA = 0,21m * 22 \frac{KN}{m^3} = 4,66 \frac{KN}{m^2}$

c. Total peso propio

$$pp = ppt + ppcr = 7,5 \frac{KN}{m^2} + 4,66 \frac{KN}{m^2} = 12,16 \frac{KN}{m^2}$$

4.2.2 IMPACTO

Según *BCPHA A.2.C*, para el cálculo de los esfuerzos originados por la sobrecarga, la misma debe ser afectada por un coeficiente de impacto según la *Tabla N°2* del mismo capítulo. A la multitud compacta sobre veredas no se le debe aplicar este factor.

También se deben calcular sin impacto las tensiones en la infraestructura y la fundación.

Según *FIGURA VI.1.16*, para losas

$$\phi = 1,4$$

4.2.3. SOBRECARGA ACCIDENTAL

4.2.3.1. Aplanadora

Se realiza el análisis considerando el movimiento del vehículo en dirección paralela a la luz de la losa.

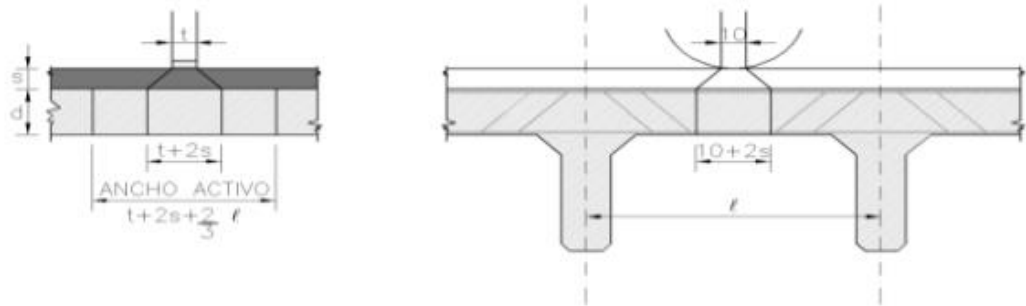


FIGURA VI.4.2: Anchos activos aplanadora - FUENTE: BCPHA

l : Luz de la losa = $6m \rightarrow \frac{2}{3} l = \frac{2}{3} * 6m = 4m > 2m \rightarrow$ Se utiliza $2m$.

s : Espesor carpeta superior de repartición = $0,212m$

d : Espesor losa = $0,3m$

4.2.3.1.1. Rodillo delantero

Para A-30 $\rightarrow Pd$: Carga en el rodillo delantero = $130KN$

td : Ancho de apoyo rolo delantero aplanadora = $1,20m$

a. Ancho activo longitudinal

$$b1d = td + 2s + \frac{2}{3}l = 1,2m + 2 * 0,212m + 2m = 3,62m$$

b. Carga repartida aplanadora

$$Pd = \varphi \left[\frac{Pd - mc(3m)(2,5m)}{b1d} \right] = 1,4 \left[\frac{130KN - 6 \frac{KN}{m^2} * 3m * 2,5m}{3,62m} \right] = 32,87 \frac{KN}{m}$$

c. Ancho activo longitudinal para carga aplicada en apoyo (esfuerzos de corte)

$$b1t = td + 5d = 1,2m + 5 * 0,3m = 2,7m$$

d. Carga repartida aplanadora linealmente para carga en apoyo (esfuerzos de corte)

$$Pda = \varphi \left[\frac{Pd - mc(3m)(2,5m)}{b1t} \right] = 1,4 \left[\frac{130KN - 6 \frac{KN}{m^2} * 3m * 2,5m}{2,7m} \right] = 44,07 \frac{KN}{m}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

4.2.3.1.2. Rodillo trasero

Para A-30 $\rightarrow Pt$: Carga en el rodillo trasero = $2 \cdot (85\text{KN}) = 170\text{KN}$

tt : Ancho de apoyo trasero total aplanadora = $1,1\text{m} + 2(0,50\text{m}) = 2,60\text{m}$

a. Ancho activo longitudinal

$$b1t = tt + 2s + \frac{2}{3}l = 2,6\text{m} + 2 \cdot 0,212\text{m} + 2\text{m} = 5,024\text{m}$$

b. Carga repartida aplanadora linealmente

$$Pt = \varphi \left[\frac{Pt - mc(3m)(2,5m)}{b1t} \right] = 1,4 \left[\frac{170\text{KN} - 6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} \cdot 2,5\text{m}}{5,024\text{m}} \right] = 34,83 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

c. Ancho activo longitudinal para carga aplicada en apoyo (esfuerzos de corte)

$$b1t = tt + 5d = 2,6\text{m} + 5 \cdot 0,3\text{m} = 4,1\text{m}$$

d. Carga repartida aplanadora linealmente para carga en apoyo (esfuerzos de corte)

$$Pta = \varphi \left[\frac{Pt - mc(3m)(2,5m)}{b1t} \right] = 1,4 \left[\frac{170\text{KN} - 6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} \cdot 2,5\text{m}}{4,1\text{m}} \right] = 42,68 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

4.2.3.2. Multitud compacta

$$\text{Para A-30} \rightarrow mc = 6 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \cdot 1,4 = 8,4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

4.3. SOLICITACIONES

4.3.3. CARGAS PERMANENTES

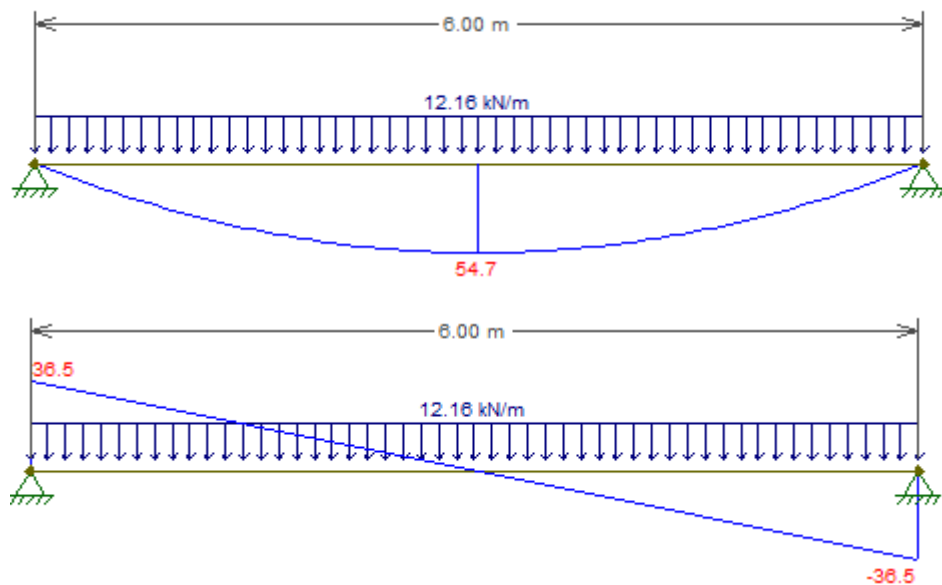
$$l = 6\text{m}$$

$$q = 12,16 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$M_d = 54,7 \text{ KNm/m}$$

$$V_d = 36,5 \text{ KN/m}$$

4.3.4. SOBRECARGAS

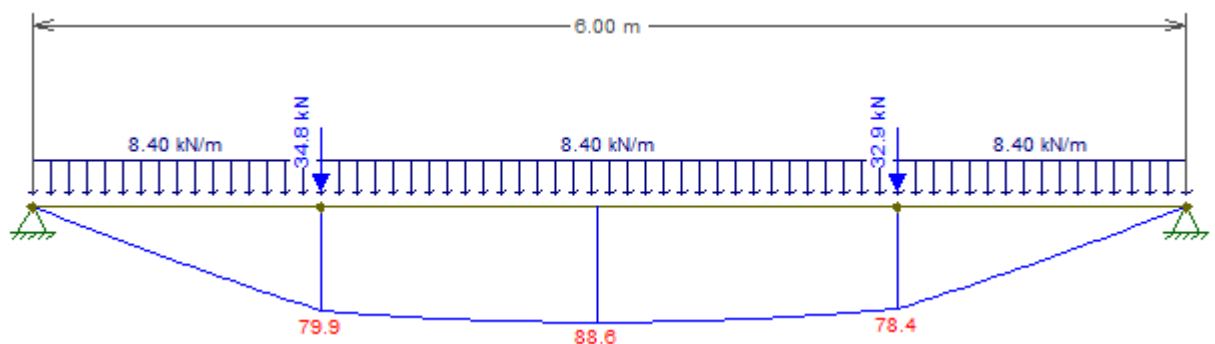
Para la determinación de las máximas solicitaciones, se debe considerar distintas posiciones de la aplanadora, teniendo en cuenta una separación de 3m. entre los ejes de la aplanadora, por ello se consideran los siguientes estados:

- Estado 1: Aplanadora en el centro de la viga (máximo momento flector)

$$q = mc = 8,4 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$Pd = 32,9 \text{ KN/m}$$

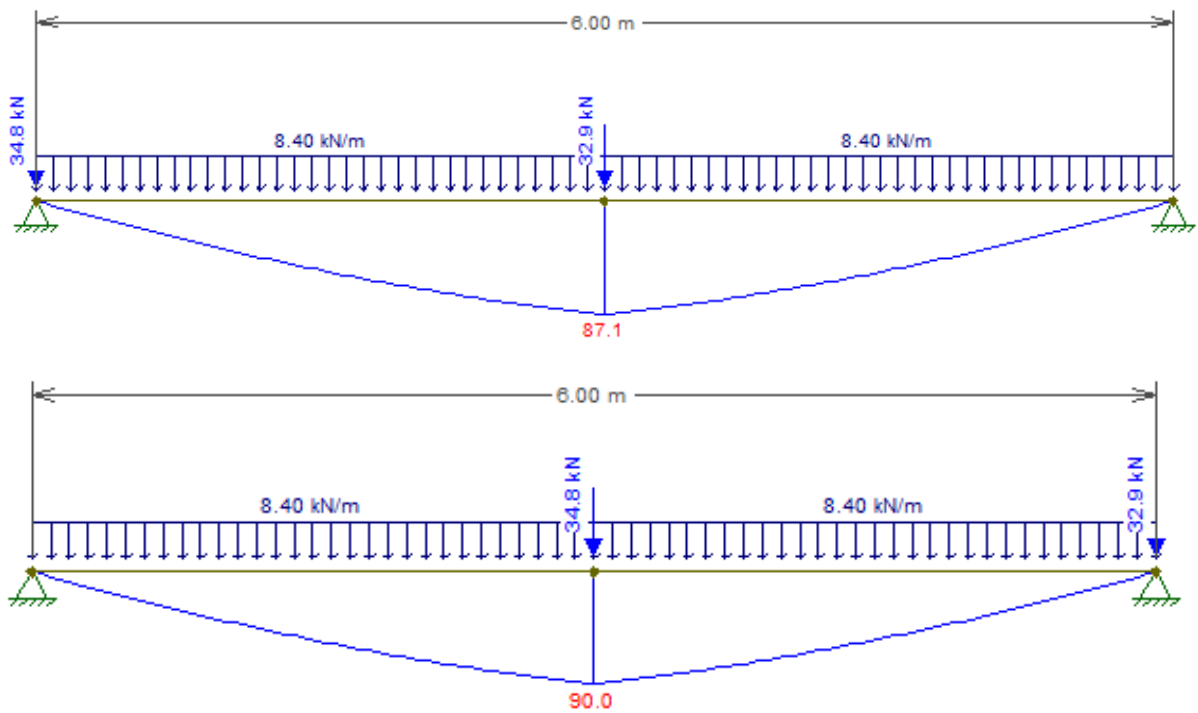
$$Pt = 34,8 \text{ KN/m}$$



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

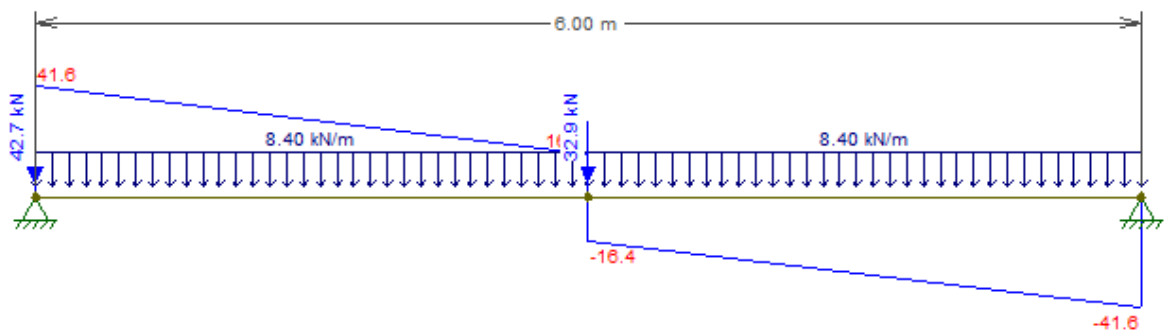


- Estado 2: Aplanadora en un extremo (máximo corte)

$$q = mc = 8,4 \frac{KN}{m^2}$$

$$Pd = 32,9 \frac{KN}{m} \quad Pda = 44,1 \frac{KN}{m} \quad Pt = 34,8 \frac{KN}{m}$$

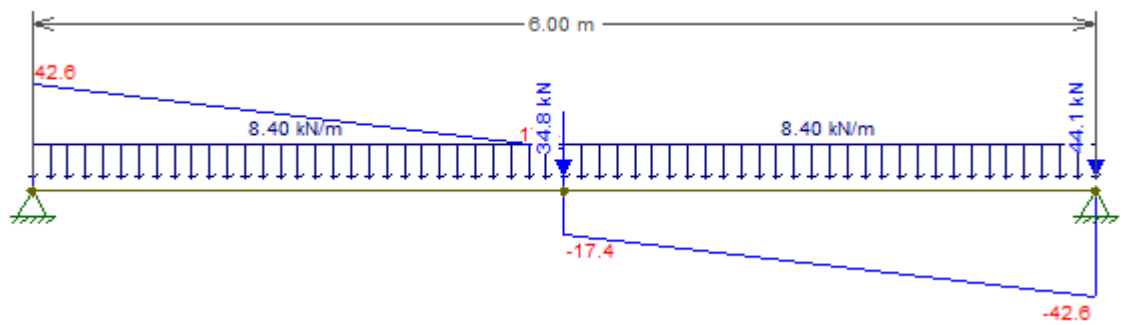
$$Pta = 42,7 KN$$



TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



$$\rightarrow Ml = 90 \text{ KNm/m}$$
$$Vl = 42,6 \text{ KN/m}$$

4.4. RESISTENCIA REQUERIDA

Según *CIRSOC 201 – 9.2*, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D) y sobrecargas (L), la resistencia requerida es igual a:

$$Mu = 1,2Md + 1,6Ml = 1,2 * 54,7 \text{ KNm/m} + 1,6 * 90 \text{ KNm/m} = 209,64 \text{ KNm/m}$$

$$Vu = 1,2Vd + 1,6Vl = 1,2 * 36,5 \text{ KN/m} + 1,6 * 42,6 \text{ KN/m} = 111,96 \text{ KN/m}$$

4.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGÓN

4.5.3. RECUBRIMIENTO MÍNIMO

Como esta losa estará en contacto directo con el suelo se efectuará una capa de hormigón de limpieza de 5cm, tal como lo indica *CIRSOC 201 – 5.6.2.1*.

Según *CIRSOC 201 – Tabla 7.7.1*: “Recubrimientos mínimos para hormigón colado en obra (no pretensado), para clases de exposición A1 y A2”, para hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre (la losa de aproximación no es ni trabaja como una fundación), para diámetro de barra esperado mayor a 16mm:

$$r_{min} = 35 \text{ mm} = 3,5 \text{ cm}$$

La clase de exposición de la estructura es A3, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{A3min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 35 \text{ mm} = 45,5 \text{ mm} = 4,55 \text{ cm}$$

$$r = 4,5 \text{ cm} \approx r_{A3min} = 4,55 \text{ cm}$$

4.5.2. ALTURA ÚTIL PARA EVITAR ARMADURA DE CORTE

En un principio, se ha pre dimensionado la altura total de la losa, ya que era necesaria para el cálculo de las solicitaciones por peso propio de la losa de tablero. En este punto se verificará la

misma comparándola con la altura necesaria para evitar el uso de armadura de corte en losas. Para este análisis se trabaja con las solicitaciones de la etapa 2, donde trabaja la sección compuesta, es decir la altura total de la losa.

Según *CIRSOC 201 – 11.5.6.1*, no es necesario colocar armadura de corte mínima en losas, y según *CIRSOC 201 – 11.12.1.1* para losas armadas en una dirección se debe dimensionar al corte según *11.1 a 11.5* de dicho reglamento.

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201– 11.1.1*

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada, en N. El máximo esfuerzo de corte mayorado en la etapa 2 es:

$$V_u = 111,96 \text{ KN} * 1000 \frac{\text{N}}{\text{KN}} = 111960 \text{ N}$$

V_n : Resistencia nominal al corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d$$

$b w$: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$b w = 1 \text{ m}$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

$\sqrt{f'_c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3 \text{ MPa}$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'_c} = \sqrt{30 \text{ MPa}} = 5,48 \text{ MPa} < 8,3 \text{ MPa}$$

V_s : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte, N.
Si no poseemos armadura de corte, entonces:

$$V_n = V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

Como debe cumplirse que:

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \geq V_u$$

$$d \geq \frac{6 * V_u}{\phi \sqrt{f'_c} b_w} = \frac{6 * 111960N}{0,75 * 5,48MPa * 1000mm} = 163,45mm = 16,35cm$$

4.5.3. ALTURA ÚTIL DE LOSA

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $d_b=20mm$

$$d = h - r - \frac{d_b}{2} = 30cm - 4,5cm - \frac{2cm}{2} = 24,5cm > d_{bmin} = 16,35cm \rightarrow BC$$

4.6. DIMENSIONAMIENTO DE LA ARMADURA

4.6.2. ARMADURA PRINCIPAL

4.6.2.1. Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2* el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\epsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \epsilon = 5\%$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

4.6.2.2. Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según *CIRSOC 201 – 10.2.7.3* $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según *CIRSOC 201 – 10.2.2.1* $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30MPa = 25,5MPa = 25500 \frac{KN}{m^2}$$

Según *CIRSOC 201 – EJEMPLOS DE APLICACIÓN*

$$\rightarrow k_{amin} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5MPa} = 0,055$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

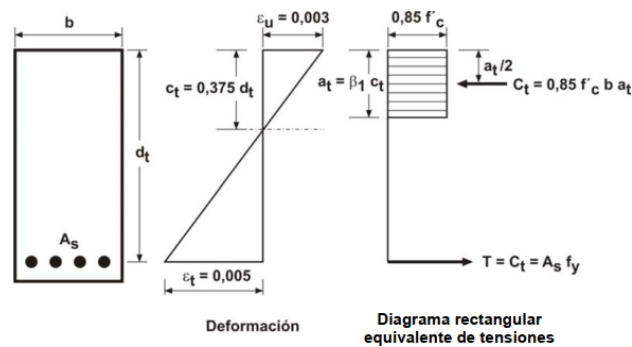


FIGURA VI.4.3: Deformaciones límites en secciones controladas por tracción - FUENTE: CIRSOC 201

4.6.2.3. Separación máxima de la armadura principal

Según CIRSOC 201 – 7.6.5, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (sl_{max}) debe ser:

$$sl \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 30\text{cm} = 75\text{cm}$$

$$sl \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1\text{cm} = 25\text{cm}$$

$$sl \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$sl_{max} = 25\text{cm}$$

db : Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición.

h : Espesor o altura total de la losa.

4.6.2.4. Dimensionamiento de la armadura principal

4.6.2.4.1. Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md : Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 209,64 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{209,64 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 232,93 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}$$

4.6.2.4.2. Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f * c bw d^2} = \frac{232,93 \frac{KNm}{m}}{25500 \frac{KN}{m^2} 1m (0,245m)^2} = 0,15$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección

*f*c*: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,15} = 0,163 > kamin = 0,055$$

$$ka = 0,163$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,163}{0,85} = 0,192 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$Asnec = \frac{ka f * c bw d}{fy} = \frac{0,163 25,5MPa 1000mm 245mm}{420 MPa} = 2424,63 \frac{mm^2}{m} = 24,24 \frac{cm^2}{m}$$

Asnec: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

4.6.2.4.3. Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,192)}{0,192} = 12,63\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ϵ_{cu} : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción = $\epsilon_{cu} = 3\%$.

4.6.2.4.4. Armadura adoptada

Se adoptan $\varnothing 25\text{mm}$ ($4,91\text{cm}^2$) ubicados cada 20cm.

$$A_{s\text{adop}} = \frac{4,91\text{cm}^2}{0,2\text{m}} = 24,55 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s\text{nec}} = 24,24 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow BC$$

$$s = 20\text{cm} < s_{\text{max}} = 25\text{cm} \rightarrow BC$$

4.6.3. ARMADURA SECUNDARIA

Según *CIRSOC 201 – 7.12.1*, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

4.6.3.1. Armadura secundaria necesaria

Según *CIRSOC 201 – Tabla 7.12.2.1*: “Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S o mallas soldadas de alambre liso $\rightarrow$ *Cuantía mínima*: $\rho = 0,0018$

$$A_{s\text{sec sec nec}} = \rho (h b) = 0,0018 * 30\text{cm} * 100\text{cm} = 5,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

4.6.3.2. Separación máxima de la armadura secundaria

Según *CIRSOC 201 – 7.12.2.2*, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{\text{sec max}} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 30\text{cm} = 90\text{cm}$$

$$s_{\text{sec max}} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{\text{sec max}} = 30\text{cm}$$

4.6.3.3. Armadura secundaria adoptada

Se adopta $\varnothing 10\text{mm}$ cada 14cm como armadura secundaria verificando:

$$A_{s\text{sec sec adop}} = \frac{0,785\text{cm}^2}{0,14\text{m}} = 5,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s\text{sec sec nec}} = 5,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

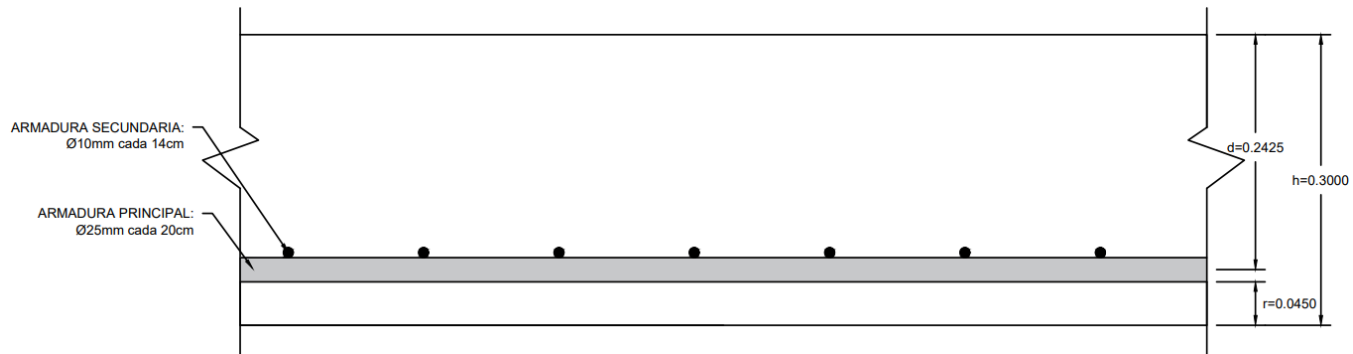
$$s = 14\text{cm} < s_{\text{max}} = 30\text{cm} \rightarrow BC$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

4.7 ESQUEMA RESUMEN



5. DISPOSITIVOS DE APOYO

5.1. DATOS

Apoyo de NEOPRENO ARMADO

$$n^{\circ} \text{ apoyos} = n^{\circ} vp * n^{\circ} \text{ apoyos cada vp} = 16 * 2 = 32$$

n° apoyos: Número de apoyos de neopreno armado

n° vp: Número de vigas principales= 16

n° apoyos cada vp: Número de apoyos en cada viga principal= 2

5.2. ANÁLISIS DE CARGAS

5.2.1. CARGAS PERMANENTES

- a. Reacción por peso propio viga principal

$$Pvp = ppvp * \left(\frac{L}{2}\right) = 7,25 \frac{KN}{m} * \frac{14,8m}{2} = 53,65KN$$

- b. Reacción por peso propio losa de tablero

$$Plt = pplt * \left(\frac{L}{2}\right) = 5 \frac{KN}{m} * \frac{15m}{2} = 37,5KN$$

- c. Peso propio vigas secundarias

$$Pvs = ppvs * \left(\frac{L}{2}\right) = 3 \frac{KN}{m} * \frac{14,8m}{2} = 22,2KN$$

- d. Reacción por peso propio carpeta de rodamiento

$$Pcr = ppcr * \left(\frac{L}{2}\right) = 9,76 \frac{KN}{m} * \frac{15m}{2} = 73,2KN$$

- e. Reacción por peso propio vereda

$$Pv = ppv * \left(\frac{L}{2}\right) = 0,225 \frac{KN}{m} * \frac{15m}{2} = 1,69KN$$

- f. Reacción total cargas permanentes

$$Pd = Pvp + Plt + Pvs + Pcr + Pv = 188,24KN$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

5.2.2. SOBRECARGA ACCIDENTAL

5.2.2.1. Sobrecargas con impacto

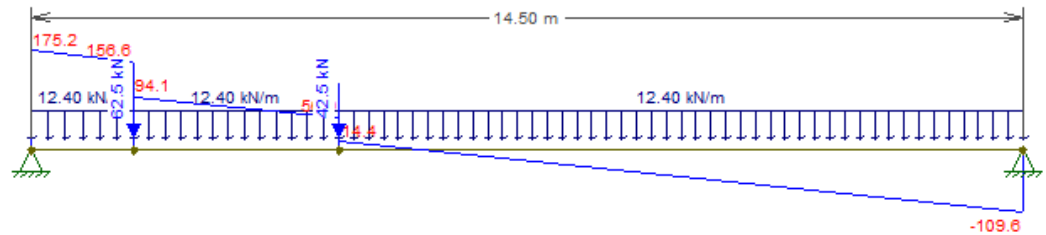
El esfuerzo de corte máximo en apoyos es $QL = 0,21MN$

5.2.2.2. Sobrecargas sin impacto

$m_c = 12,4 \text{ KN/m}^2$

$P_d = 42,5 \text{ KN/m}$

$P_t = 62,5 \text{ KN/m}$



$$QL = 0,18MN$$

5.2.3. REACCIONES TOTALES

a. Cargas permanentes

$$P_d = 0,19MN = 190KN$$

b. Cargas permanentes + sobrecargas con impacto

$$P_{con\phi} = 0,21MN + 0,19MN = 0,4MN = 400KN$$

c. Cargas permanentes + sobrecargas sin impacto

$$P_{sin\phi} = 0,18MN + 0,19MN = 0,37MN = 370KN$$

5.3. DIMENSIONAMIENTO

5.3.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE UNA PLACA DE APOYO

Una placa de neopreno armada es un conjunto de placas o chapas de acero y neopreno, como el que se observa en la FIG.IV.1.

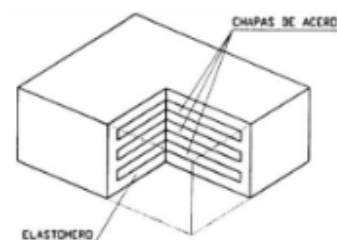


FIG.IV.1: Placa de apoyo de neopreno armada – FUENTE: Dirección general de carreteras

Se apoyan sobre dados de hormigón sin necesidad de cálculo.

Se adoptan una placa de apoyo rectangular (las cuales se fabrican a medida) con las siguientes dimensiones:

a: Ancho en la dirección transversal de la viga principal= 0,20m

b: Ancho en la dirección longitudinal de la viga principal= 0,30m

e: Espesor efectivo de una placa de apoyo= 0,08m

5.3.2. NÚMERO DE PLACAS DE APOYO

Se debe verificar:

$$n^{\circ}placa\ e = 2D \rightarrow n^{\circ}placa\ nec = \frac{2D}{e} = \frac{2 * 6,66mm}{8mm} = 1,67$$

n° placas nec: Número de placas de apoyo necesarias

e: espesor de cada placa

d: Desplazamiento por deformación en la dirección longitudinal de la viga principal producido por temperatura, secado y retracción. Es igual a:

$$D = \varepsilon t L = 4,5 \times 10^{-4} * 14,8m = 6,66 \times 10^{-3}m$$

l: Luz de la viga principal

εt: Deformación específica en la dirección longitudinal de la viga principal producida por temperatura, secado y retracción. Según BCPHA (DNV) – A.2.D, es igual a:

$$\varepsilon t = \varepsilon_s + C_t \Delta T = 1,5 \times 10^{-4} \frac{mm}{mm} + 30^{\circ}C \ 1 \times 10^{-5} \frac{mm}{mm^{\circ}C} = 4,5 \times 10^{-4}$$

εs: Deformación específica en la dirección longitudinal de la viga principal producida por secado y retracción= 1,5x10-4mm/mm

Ct: Deformación específica en la dirección longitudinal de la viga principal producida por cambio de temperatura de 1°C= 1x10-5mm/mm°C

Δt: Salto térmico esperado= 30°C

Se adopta finalmente:

$$n^{\circ}placa = 2 > n^{\circ}placa\ nec = 1,67 \rightarrow BC$$

$$n^{\circ}placa\ por\ apoyo = 1$$

$$t = e = 8mm$$

5.4. VERIFICACIONES

A continuación, se realizarán las verificaciones necesarias para dispositivos de apoyo extraídas de la Dirección general de carreteras – “Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carreteras (Madrid, 1995)”, en el punto 2.1 Apoyos de neopreno zunchados.

5.4.1. DISTORSIÓN TOTAL EN LOS APOYOS

5.4.1.1. Cargas lentas

Desplazamiento en la dirección longitudinal de la viga principal debido a temperatura y retracción (cargas lentas):

$$d = \frac{6,66mm}{2} = 3,33mm = 0,33cm$$

5.4.1.2. Cargas rápidas

5.4.1.2.1. Frenado de vehículos

a. Fuerza de frenado en cada apoyo

Según BCPHA (DNV) – A.3.B, se debe adoptar el mayor de los siguientes valores como fuerza de frenado en cada apoyo:

$$Ff1 = \frac{mc}{25} \frac{L}{n^{\circ}apoyos} = \frac{(6 \frac{KN}{m^2} * 33m + 4 \frac{KN}{m^2} * 3m)}{25} \frac{14,8m}{32} = 3,89KN$$

$$Ff2 = 0,15 A Fc \frac{1}{n^{\circ}apoyos} = 0,15 * 300KN * 8 * \frac{1}{32} = 11,25KN$$

mc: Sobrecarga accidental por multitud compacta aplicada solo en zonas de calzada y banquetas

A: Sobrecarga accidental de una aplanadora

Fc: Número de fajas de circulación del puente= 2

Se adopta $Ff = 11,25KN$

b. Desplazamiento por frenado: d'

$$\tau = \frac{Ff}{Aapoyos} \rightarrow d' = \frac{\tau}{G} e n^{\circ}placas = \frac{Ff}{G Aapoyos} e n^{\circ}placas por apoyo$$

G: Módulo de elasticidad transversal del neopreno. Para cargas instantáneas o rápidas= 16kg/cm². Para cargas diferidas o lentos= 8kg/cm²

Aapoyos: Sección transversal del apoyo. Placa rectangular de 200mmx300mm

d' : Desplazamiento en la dirección longitudinal de la viga principal producido por frenado de vehículos

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$d' = \frac{11,25KN * 0,8cm}{0,16 \frac{KN}{cm^2} * 600cm^2} = 0,09cm$$

5.4.1.2.2. Acción de viento

a. Fuerza de viento en cada apoyo

Según *BCPHA (DNV) – A.3.A*, se deben analizar las siguientes condiciones:

● PUENTE VACÍO

Presión horizontal: 250kg/cm²

Superficie expuesta: proyección vertical de la viga principal extrema y tablero que sobresalga: $A_{ev} = 15m * 1,4m = 21m^2$

$$F_{vv} = \frac{p_{hv} * A_{ev}}{n^{\circ}apoyos} = \frac{250 \frac{kg}{m^2} * 21m^2}{32} = 164kg$$

● PUENTE CARGADO

Presión horizontal: 150kg/cm²

Superficie expuesta: proyección vertical de la viga principal extrema y tablero que sobresalga, más la figura representativa de tránsito (faja continua de 2m): $A_{ec} = 15m * 3,4m = 51m^2$

$$F_{vc} = \frac{p_{hc} A_{ec}}{n^{\circ}apoyos} = \frac{150 \frac{kg}{m^2} * 51m^2}{32} = 239kg$$

Se adopta $F_v = 239kg = 2,39KN$

b. Desplazamiento por viento: d''

$$\tau = \frac{F_f}{A_{apoyos}} \rightarrow d' = \frac{\tau}{G} e n^{\circ}placas = \frac{F_f}{G A_{apoyos}} e n^{\circ}placas \text{ por apoyo}$$

d'' = Desplazamiento en la dirección transversal de la viga principal producido por el viento

$$d'' = \frac{2,39KN * 0,8cm}{0,16 \frac{KN}{cm^2} * 600cm^2} = 0,02cm$$

5.4.1.3. Desplazamiento total

$$d_{long} = d + d' = 0,33cm + 0,09cm = 0,42cm$$

$$d_{trans} = d'' = 0,02cm$$

$$d_{total} = \sqrt{d_{long}^2 + d_{trans}^2} = \sqrt{(0,42cm)^2 + (0,02cm)^2} = 0,42cm$$

5.4.1.4. Verificación distorsión total en apoyos

$$\gamma \simeq \tan \gamma = \frac{dtotal}{t} = \frac{0,42cm}{0,8cm} = 0,53 < \delta_{adm} = 0,7 \rightarrow BC$$

δ : Distorsión total admisible. Según *Dirección general de carreteras – “Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carreteras (Madrid, 1995)”*, en el punto 2.1.2 Rango de utilización= 0,70

5.4.2. DESPLAZABILIDAD

5.4.2.1. Fuerzas intervinientes

a. Fuerza por retracción y temperatura

$$d = \frac{Ft}{G \text{ Apoyos}} e \text{ n}^\circ \text{placas por apoyo} \rightarrow Ft = \frac{d}{e \text{ n}^\circ \text{placas por apoyo}} G \text{ Apoyos}$$

Ft : Fuerza en la dirección longitudinal de la viga principal producida por temperatura, secado y retracción

G : Módulo de elasticidad transversal del neopreno. Para cargas instantáneas o rápidas=

16kg/cm². Para cargas diferidas o lentos= 8kg/cm²

$$Ft = \frac{0,33cm * 0,08 \frac{KN}{cm^2} * 600cm^2}{0,8cm} = 19,8KN$$

b. Fuerza por frenado de vehículos

Calculada anteriormente:

$$Ff = 11,25KN$$

c. Fuerza de viento

Calculada anteriormente:

$$Fv = Fvc = 2,39KN$$

5.4.2.2. Verificación con puente cargado

5.4.2.2.1. Fuerza horizontal total: H

$$Hlong = Ft + Ff = 19,8KN + 11,25KN = 31,05KN$$

$$Htrans = Fv = 2,39KN$$

$$H = \sqrt{Hlong^2 + Htrans^2} = \sqrt{(31,05KN)^2 + (2,39KN)^2} = 31,14KN$$

5.4.2.2.2. Fuerza vertical mínima en apoyo: V

a. Fuerza de viento en cada estribo: W

$$W = n^{\circ}vp Fvc = 16 * 2,39KN = 38,24KN$$

b. Momento de vuelco: Mv

$$Mv = h W = 1,7m * 38,24KN = 65KNm$$

h: Brazo de palanca de la fuerza de viento W, respecto a los apoyos de la viga principal. Es igual a la mitad de la altura expuesta al viento.

c. Fuerza vertical mínima en apoyo: V

$$Ni = \pm \frac{\sum xi Mv}{\sum xi^2} \rightarrow N = Nmax = N1 = \frac{xmax Mv}{\sum xi^2} = \frac{16,88m * 65KNm}{1722,69m^2} = 0,64KN$$

Ni: Reacción en el apoyo i.

xi: Distancia desde cada viga principal hasta el eje baricéntrico del conjunto.

$$x1 = x16 = 16,88m$$

$$x2 = x15 = 14,63m$$

$$x3 = x14 = 12,38m$$

$$x4 = x13 = 10,13m$$

$$x5 = x12 = 7,88m$$

$$x6 = x11 = 5,63m$$

$$x7 = x10 = 3,38m$$

$$x8 = x9 = 1,13m$$

$$\sum xi^2 = [2 * (16,88 + 14,63 + 12,38 + 10,13 + 7,88 + 5,63 + 3,38 + 1,13)]^2 = 1722,69 m^2$$

$$V = P(\sin\phi) - Nmax = 370KN - 0,64KN = 369,36KN$$

P(sinφ): Reacción en el apoyo por cargas permanentes y sobrecargas sin impacto.

5.4.2.2.3. Verificación

$$\frac{H}{V} = \frac{31,14KN}{369,36KN} = 0,08 < \mu = 0,4 \rightarrow BC$$

μ : Coeficiente de rozamiento entre la viga principal y el apoyo de neopreno. Según *Dirección general de carreteras – “Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carreteras (Madrid, 1995)”*, en el punto 2.1.2 Rango de utilización= 0,4

5.4.2.3. Verificación con puente vacío

5.4.2.3.1. Fuerza horizontal total: H

$$H_{long} = Ft + Ff = 31,05KN$$

$$H_{trans} = Fv = 1,64KN$$

$$H = \sqrt{H_{long}^2 + H_{trans}^2} = \sqrt{(31,05KN)^2 + (1,64KN)^2} = 31,1KN$$

5.4.2.3.2. Fuerza vertical mínima en apoyo: V

a. Fuerza de viento en cada estribo: W

$$W = n^{\circ}vp Fvc = 16 * 1,64KN = 26,24KN$$

b. Momento de vuelco: Mv

$$Mv = h W = 0,7m * 26,24KN = 18,37KNm$$

h : Brazo de palanca de la fuerza de viento W, respecto a los apoyos de la viga principal. Es igual a la mitad de la altura expuesta al viento.

c. Fuerza vertical mínima en apoyo: V

$$N_i = \pm \frac{x_i M_v}{\sum x_i^2} \rightarrow N = N_{max} = N_1 = \frac{x_{max} M_v}{\sum x_i^2} = \frac{16,88m * 18,37KNm}{1722,69m^2} = 0,18KN$$

N_i : Reacción en el apoyo i.

x_i : Distancia desde cada viga principal hasta el eje baricéntrico del conjunto.

$$V = Pd - N_{max} = 190KN - 0,18KN = 189,82KN$$

Pd : Reacción en el apoyo por cargas permanentes.

5.4.2.3.3. Verificación

$$\frac{H}{V} = \frac{31,1KN}{189,82KN} = 0,16 < \mu = 0,4 \rightarrow BC$$

μ : Coeficiente de rozamiento entre la viga principal y el apoyo de neopreno. Según *Dirección general de carreteras – “Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carreteras (Madrid, 1995)”*, en el punto 2.1.2 Rango de utilización= 0,4

5.4.3. TENSIONES MÁXIMAS EN EL APOYO

5.4.3.1. Carga vertical máxima: V_{max}

Esta carga se da para la condición de puente cargado, cuando a la reacción total sin impacto se le incorpora la carga de viento

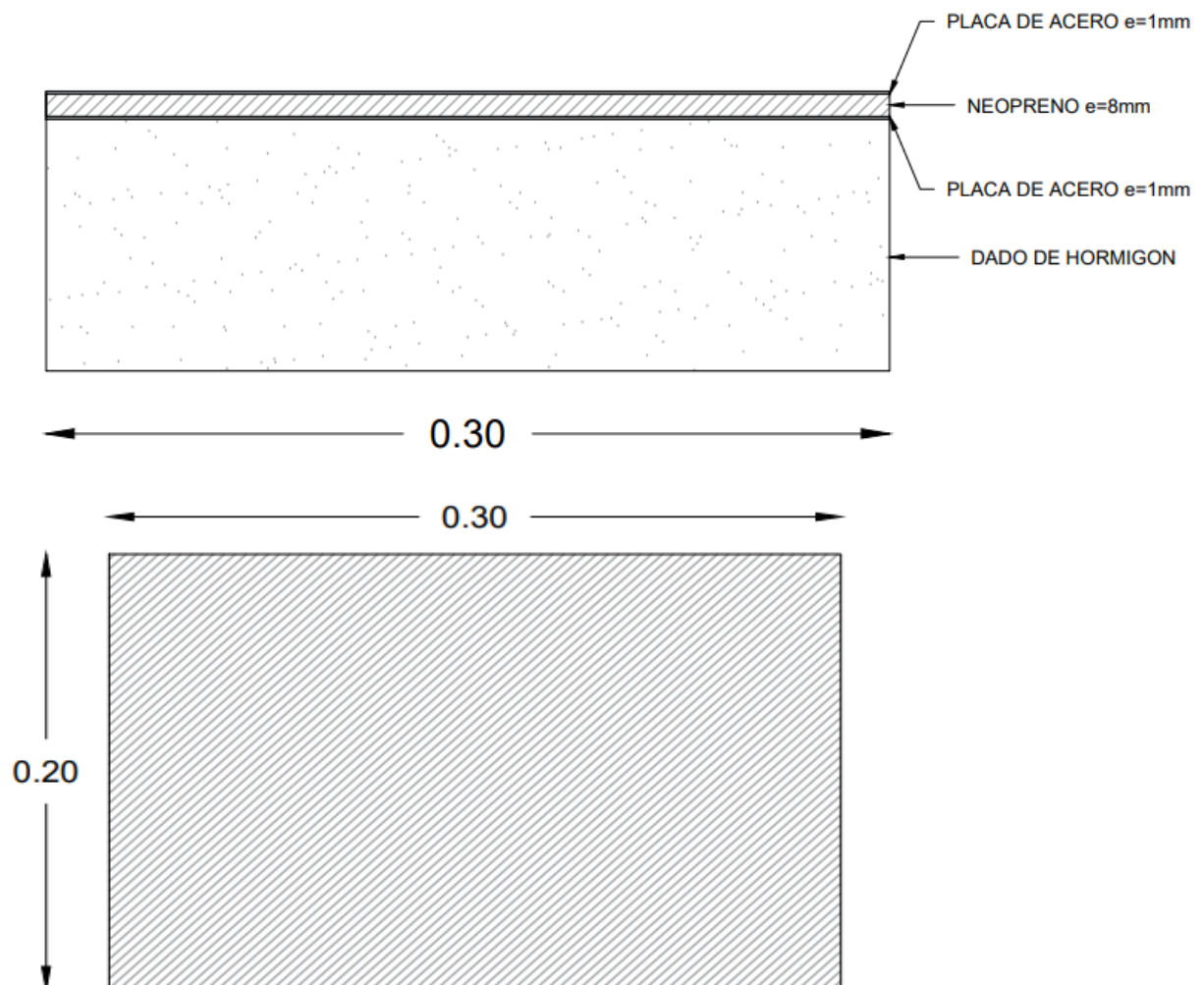
$$V_{max} = P(\sin\varphi) + N_{max} = 370KN + 0,64KN = 370,64KN = 37064kg$$

5.4.3.2. Tensión de trabajo máxima

$$\sigma_{trab} = \frac{V}{A_{apoyo}} = \frac{37064kg}{600cm^2} = 61,77 \frac{kg}{cm^2} < \sigma_{adm} = 120 \frac{kg}{cm^2} \rightarrow BC$$

σ_{adm} : Tensión admisible Coeficiente de rozamiento entre la viga principal y el apoyo de neopreno. Según *Dirección general de carreteras – “Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carreteras (Madrid, 1995)”*, en el punto 2.1.2 Rango de utilización= 120kg/cm²

5.5. ESQUEMA RESUMEN



6. ESTRIBOS

6.1. DATOS

6.1.1. DISEÑO

Muros con contrafueros de pantallas planas

Exposición Q1

Hormigón H-30 Y acero ADN 420

Teniendo en cuenta el perfil adoptado en el estudio geotécnico en el que se considera la existencia de suelo CL/ML (arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas limosas, arcillas con grava y arcillas arenosas) en los primeros metros, se adopta como suelo de relleno un suelo arcilloso CL con los siguientes parámetros:

$$\text{Peso específico saturado} = 18 \frac{KN}{m^3} \quad \text{Peso específico seco} = 1 \frac{t}{m^3}$$

6.1.2. PRE DIMENSIONAMIENTO

6.1.2.1. Altura

El estribo se apoyará directamente sobre el terreno natural, para que su construcción sea más simple (sin excavaciones).

Se adopta un estribo de altura $H=5m$. para salvar la diferencia de nivel entre la calzada proyectada y el terreno natural, acomodándose en el talud de suelo que también deberá ser rellenado.

Las diferencias de niveles que pudieran existir entre nivel de terreno natural y calzada proyectada que no puedan ser salvadas por los estribos se deberán rellenar con suelo de características similares para evitar un sobredimensionado del estribo.

6.1.2.2. Dimensiones

Se adoptan las siguientes dimensiones, teniendo en cuenta que la posición de los contrafuertes debe coincidir con la posición de las vigas principales.

En el capítulo Anexos, se tiene una vista en planta del diseño transversal del estribo adoptado

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

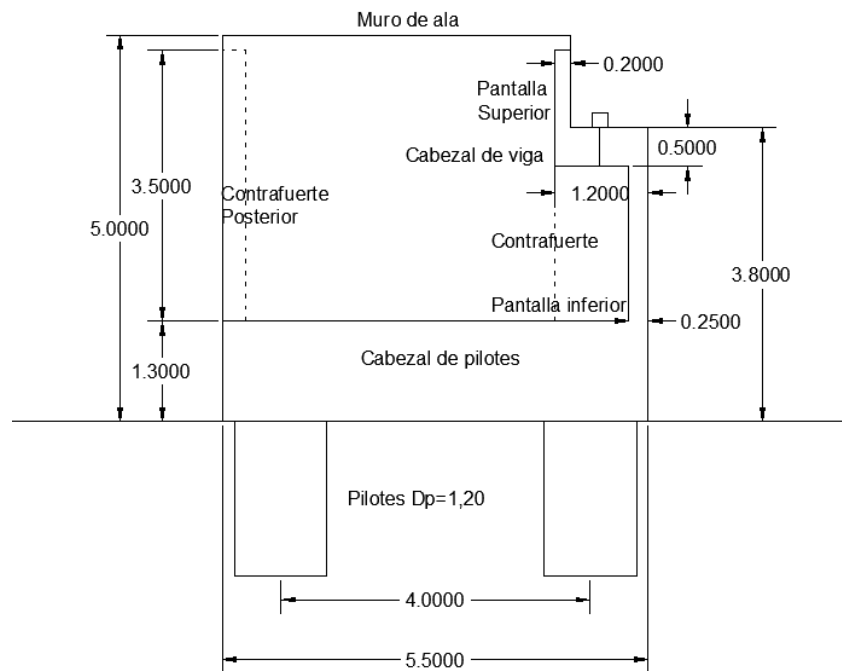


FIG. VI.9.1: Diseño Estribos – FUENTE: Elaboración propia

6.2. PANTALLA SUPERIOR

6.2.1. ANALISIS DE CARGAS

6.2.1.1. Cargas horizontales: Empuje de suelo

a. Método a utilizar

- Por ser el estribo un muro rígido → Desplazamientos pequeños
- Por estar en contacto permanente con el agua
→ No se puede despreciar presión de poros
→ Los parámetros del suelo no son constantes
No se pueden aplicar métodos teóricos de estados de equilibrio plástico, es necesario usar métodos en estado de reposo
- Al ser la altura del muro $H = 5\text{m}$, no es conveniente utilizar método semiempírico de Terzaghi

Finalmente, luego de lo expuesto el método más apto a utilizar en este caso es el método de determinación de empuje de suelo en estado de reposo con K_0 , coeficiente de presión lateral de las tierras en reposo.

b. Coeficiente de presión lateral de las tierras en reposo

Según Braja M. Das – “Fundamentos de ingeniería geotécnica” en el punto 9.1

Presión de tierras en reposo, para arcillas se considera:

$$K_0 = 0,75$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

c. Peso específico del suelo

Tomamos como peor condición el suelo totalmente saturado:

$$\gamma_{sat} = 18 \frac{KN}{m^3}$$

d. Empuje de suelos

$$H = \frac{1}{2} (hs)^2 \gamma_{sat} K_0 = \frac{1}{2} * (1m)^2 * 18 \frac{KN}{m^3} 0,75 = 6,75 \frac{KN}{m}$$

6.2.1.2. Cargas verticales

a. Reacción losa de aproximación

• Cargas permanentes

La reacción de la losa de aproximación para cargas permanentes es

$$RLAD = 36,5 \frac{KN}{m}$$

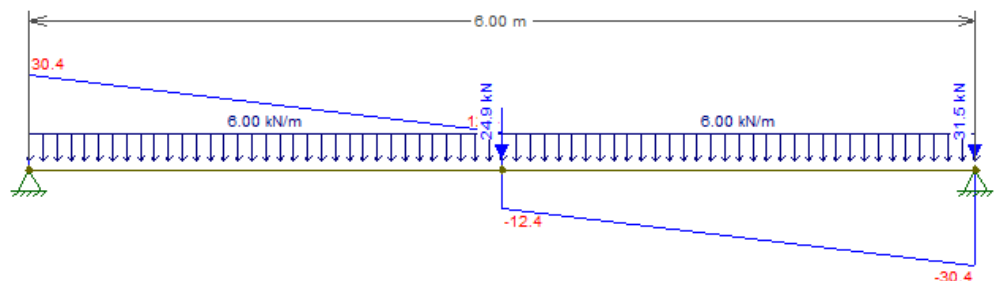
• Sobrecargas accidentales

Sin mayoración por impacto, se tienen los siguientes valores de carga

$$Pda = 31,48 \frac{KN}{m}$$

$$Pt = 24,88 \frac{KN}{m}$$

$$mc = 6 \frac{KN}{m^2}$$



El esfuerzo de corte máximo en apoyo con estas cargas es

$$RLAL = 30,4 \frac{KN}{m}$$

b. Peso propio pantalla superior

$$Ppps = e h \gamma H^{\circ} A^{\circ} = 0,2m * 1m * 25 \frac{KN}{m^3} = 5 \frac{KN}{m}$$

c. Cargas verticales totales

$$ND = RLAD + Ppps = 36,5 \frac{KN}{m} + 5 \frac{KN}{m} = 41,5 \frac{KN}{m}$$

$$NL = RLAL = 30,4 \frac{KN}{m}$$

6.2.2. SOLICITACIONES

Se la considera como una ménsula empotrada en el cabezal de vigas.

6.2.2.1. Momento flector

$$MH = H * \frac{hs}{3} = 6,75 \frac{KN}{m} * \frac{1m}{3} = 2,25 \frac{KNm}{m}$$

6.2.2.2. Esfuerzos de corte

$$VH = H = 6,75 \frac{KN}{m}$$

6.2.2.3. Esfuerzos normales

$$ND = 41,5 \frac{KN}{m} \quad NL = 30,4 \frac{KN}{m}$$

6.2.3. RESISTENCIA REQUERIDA

Según CIRSOC 201 – 9.2, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D), sobrecargas (L) y cargas debidas a la presión lateral de los suelos (H), la resistencia requerida es igual a:

$$Mu = 1,6 MH = 1,6 * 2,25 \frac{KNm}{m} = 3,6 \frac{KNm}{m}$$

$$Vu = 1,6 VH = 1,6 * 6,75 \frac{KN}{m} = 10,8 \frac{KN}{m}$$

$$Nu = 1,2 ND + 1,6 NL = 1,2 * 41,5 \frac{KN}{m} + 1,6 * 30,4 \frac{KN}{m} = 98,44 \frac{KN}{m}$$

6.2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGON

6.2.4.1. Recubrimiento mínimo

Según CIRSOC 201– Tabla 7.7.1: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $db \leq 16mm$

$$r_{min} = 30mm = 3cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30mm = 39mm = 3,9cm$$

$$r = 400mm = 4cm > r_{Q1min} = 3,9cm$$

6.2.4.2. Altura útil para evitar armadura de corte

Según *CIRSOC 201 – 11.5.6.1*, no es necesario colocar armadura de corte mínima en losas, y según *CIRSOC 201 – 11.12.1.1* para losas armadas en una dirección se debe dimensionar al corte según *11.1 a 11.5* de dicho reglamento.

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201– 11.1.1*

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada, en N. El máximo esfuerzo de corte mayorado en la etapa 2 es:

$$V_u = 10,8 \frac{KN}{m} * 1000 \frac{N}{KN} = 10800N$$

V_n : Resistencia nominal al corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} bw d$$

bw : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$bw = 1m$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

$\sqrt{f'c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3MPa$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{30MPa} = 5,48MPa < 8,3 MPa$$

V_s : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte, N. Si no poseemos armadura de corte, entonces:

$$V_n = V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d$$

Como debe cumplirse que:

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d \geq V_u$$

$$d \geq \frac{6 * V_u}{\phi \sqrt{f'_c} b w} = \frac{6 * 10800N}{0,75 * 5,48MPa * 1000mm} = 15,77mm = 1,56cm$$

6.2.4.3. Altura útil

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $d_b=16mm$. Se adopta un espesor de losa $h=20cm$.

$$d = h - r - \frac{d_b}{2} = 20cm - 4cm - \frac{1,6cm}{2} = 15,2cm > d_{min} = 1,56cm \rightarrow BC$$

6.2.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

6.2.5.1. Armadura principal

a. Armadura principal necesaria

La pantalla superior trabaja a flexión compuesta recta, por lo que se utilizará diagramas de interacción para la determinación de las armaduras, disponibles en *Diagrama de interacción - Parte 1 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201 (Agosto 2005)”*.

- Factor de reducción de resistencia: ϕ
Según CIRSOC 201 – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

- Distancia desde la fibra comprimida externa hasta el baricentro de la armadura longitudinal: d'

$$d' = r + \frac{d_b}{2} = 4cm + \frac{1,6cm}{2} = 4,8cm$$

$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{20cm - 2 * 4,8cm}{20cm} = 0,5$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

- Cuantía geométrica necesaria

$$Mu = 3,6 \frac{KNm}{m}$$

$$Nu = 98,44 \frac{KN}{m}$$

Con esta información, determinamos la cuantía geométrica con $f'_c=30\text{MPa}$, $f_y=420\text{MPa}$ y $\gamma=0,6$:

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

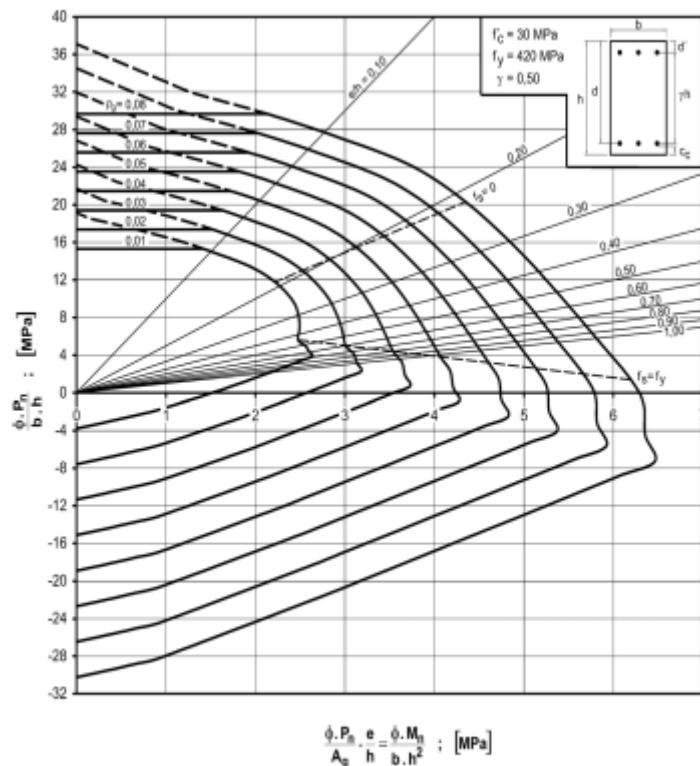


DIAGRAMA I11

Diagrama de Interacción de la resistencia de secciones rectangulares con barras en las caras extremas. $f'_c = 30 \text{ MPa}$ y $\gamma = 0,50$.

FIG. VI.9.2: Diagrama de interacción – FUENTE: Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201 (Agosto 2005)”.

$$\frac{\phi Mu}{b h^2} = \frac{0,9 * 0,012 \frac{KN}{m}}{1m * (0,2m)^2} = 0,08$$

$$\frac{\phi Nu}{b h} = \frac{0,9 * \left(-0,101 \frac{KN}{m}\right)}{1m * (0,2m)} = -0,44$$

$$\rho = 0,01$$

- Armadura necesaria

$$Asnec = \rho Ag = \rho b h = 0,01 * 100cm * 20cm = 20 \frac{cm^2}{m}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

b. Armadura principal mínima y máxima

- Compresion

Según CIRSOC 201 – 10.9.1, $\rho_{min} = 0,01$ y $\rho_{max} = 0,08$.

$$A_{smin} = \rho_{min} A_g = \rho b h = 0,01 * 100cm * 20cm = 20 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{smax} = \rho_{max} A_g = \rho b h = 0,08 * 100cm * 20cm = 160 \frac{cm^2}{m}$$

- Flexion simple

Según CIRSOC 201 – 10.5.1, para $f'_c \leq 30MPa$:

$$\frac{A_{smin}}{cara} = \frac{1,4 b d}{f_y} = \frac{1,4 * 100cm * 15,2cm}{420MPa} = 5,1 \frac{cm^2}{m}$$

- Separacion máxima

Segun CIRSOC 201 – 7.6.5, para losas, la separación de la armadura principal por flexion (s_{lmax}) debe ser:

$$Sl \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 20cm = 50cm$$

$$Sl \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diametro} = 25 * 1cm = 25cm$$

$$Sl \leq 300mm = 30cm$$

$$s_{lmax} = 30cm$$

db: Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición= 1cm.

h: Espesor o altura total de la losa = 0,20m

c. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal $\phi 16mm$ cada 20cm en ambas caras:

$$A_{sadop} cara = 10,05 \frac{cm^2}{m} > A_{smin} cara = 5,1 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$A_{sadop} = 2 A_{sadop} cara = 2 * 10,05 \frac{cm^2}{m} = 20,11 \frac{cm^2}{m}$$

$$A_{sadop} > A_{snec} = A_{smin} = 20 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$A_{sadop} < A_{smax} = 160 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$s = 20cm < s_{max} = 30cm \rightarrow BC$$

6.2.5.2. Armadura secundaria

a. Armadura secundaria necesaria

- Seccion necesaria

Según CIRSOC 201 – Tabla 7.12.2.1: "Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura":

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso:

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Cuantía mínima: $\rho = 0,0018$

$$A_{sec\ nec} = \rho A_g = \rho b h = 0,0018 * 20cm * 100cm = 3,6 \frac{cm^2}{m}$$

- Separación máxima

Según CIRSOC 201 – 7.12.2.2, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$S_{sec} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 20cm = 60cm$$

$$S_{sec} \leq 300mm = 30cm$$

$$s_{secmax} = 30cm$$

b. Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 10mm$ cada 20cm en ambas caras:

$$A_{sec\ adop} = 3,93 \frac{cm^2}{m} > A_{sec\ nec} = 3,6 \frac{cm^2}{m}$$

$$s_{sec} = 20cm < s_{secmax} = 30cm \rightarrow BC$$

6.2.6. VERIFICACION AL PANDEO

6.2.6.1. Momentos amplificados

Según CIRSOC 201 – 10.12.3 Los elementos comprimidos se deben dimensionar para la carga axial mayorada P_u y para el momento mayorado y amplificado por los efectos de la curvatura del elemento, M_c , de acuerdo con las siguientes expresiones.

$$M_c = \delta_{ns} M_2 = \delta_{ns} M_u = 1 * 3,6KNm = 3,6KNm$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{98,44KN}{0,75 * 44,91KN}} = 1 \geq 1$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{(k l_u)^2} = \frac{\pi^2 4,55MNm^2}{(1 * 1m)^2} = 44891,8KN$$

$$E I = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d} = \frac{0,4 * 25742,96 MPa * 6,67 \times 10^{-4} m^4}{1 + 0,51} = 4,55 MNm^2$$

$$C_m = 1$$

$$k = 1$$

$$l_u = 1m$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{30 MPa} = 25742,96 MPa$$

$$I_g = 6,67 \times 10^{-4}$$

$$\beta_d = \frac{1,2 PD}{1,2 PD + 1,6 PL} = \frac{1,2 * 41,5KN}{1,2 * 41,5KN + 1,6 * 30,4KN} = 0,51$$

M_c : momento mayorado, amplificado por los efectos de la curvatura del elemento, a ser utilizado en el diseño de un elemento comprimido, en N.

M_2 : el mayor momento (de primer orden) mayorado, en uno de los extremos de un elemento comprimido, siempre positivo, en N.

δns : factor de amplificación de momentos para pórticos indesplazables, utilizado para reflejar los efectos de la curvatura entre los extremos del elemento comprimido.

Cm : factor que relaciona el diagrama real de momentos con un diagrama equivalente de momentos uniforme.

Pc : carga crítica de pandeo, en N.

El : rigidez a flexión de un elemento comprimido, en N mm².

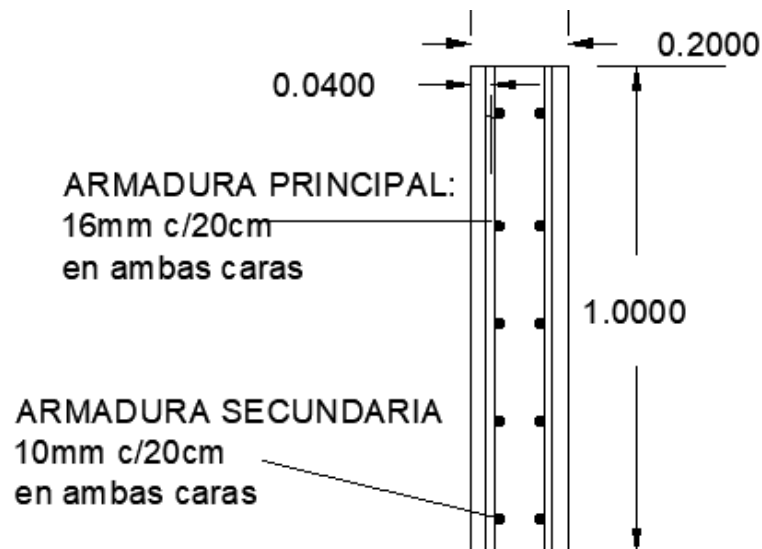
k : factor de longitud efectiva para elementos comprimidos.

lu : longitud sin apoyo lateral de un elemento comprimido.

βd : es la relación entre la máxima carga axial mayorada que actúa en forma permanente (carga de larga duración) y la máxima carga axial mayorada asociada a la misma combinación de cargas.

$$Mc = Mu \rightarrow \text{Es correcto dimensionar con } Mc.$$

6.2.7.ESQUEMA RESUMEN



6.3. PANTALLA INFERIOR

6.3.1. ANALISIS DE CARGAS

6.3.1.1. Cargas horizontales: Empuje de suelo

Se considera el mismo método, coeficiente de presión lateral de las tierras en reposo y peso específico del suelo de relleno.

Por ser el cabezal sumamente rígido, la pantalla inferior en las cercanías del mismo está exenta de deformaciones, por lo cual consideraremos que el empotramiento de la pantalla superior en el cabezal está a 0,5m del mismo, es decir hay una disminución en la altura de la pantalla.

Se considera como carga distribuida uniforme aplicada en toda la pantalla a la presión máxima aplicada en la parte inferior de la misma, si bien se está trabajando con una carga mayor a la real, se está del lado de la seguridad.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

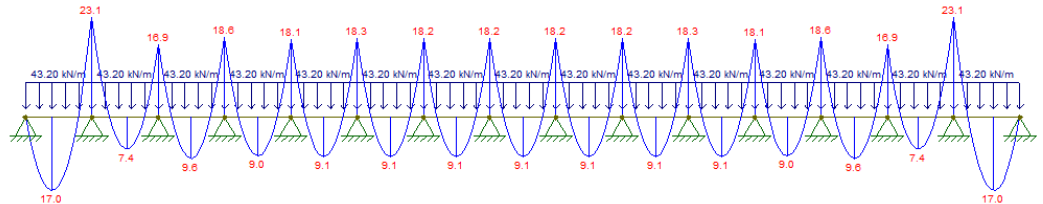
BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$q = h_i * \gamma_{sat} * K_0 = 3,2m * 18 \frac{KN}{m^3} * 0,75 = 43,2 \frac{KN}{m^2}$$

6.3.2. SOLICITACIONES

Se la considera simplemente apoyada en los contrafuertes.

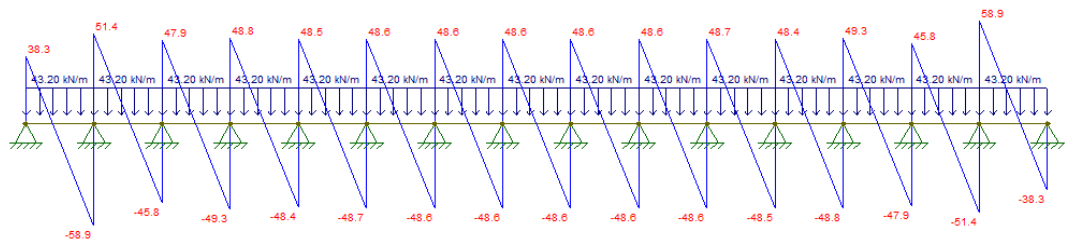
6.3.2.1. Momento flector



$$M_{max} = 23,1 \text{ KNm/m}$$

$$M_{tmax} = 17 \text{ KNm/m}$$

6.3.2.2. Esfuerzos de corte



$$V_{max} = 58,9 \text{ KN/m}$$

6.3.3. RESISTENCIA REQUERIDA

Según CIRSOC 201 – 9.2, teniendo en cuenta que solo se dispone de cargas debidas a la presión lateral de los suelos (H) y que se calculará sola una armadura (con el máximo momento) la cual se dispondrá en ambas caras (para evitar confusiones a la hora de la materialización de la pantalla), la resistencia requerida es igual a:

$$M_u = 1,6 M_h = 1,6 * 23,1 \frac{KNm}{m} = 36,96 \frac{KNm}{m} \quad V_u = 1,6 V_h = 1,6 * 58,9 \frac{KN}{m} = 94,24 \frac{KN}{m}$$

6.3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGON.

6.3.4.1. Recubrimiento mínimo

Según CIRSOC 201– Tabla 7.7.1: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $d_b \leq 16mm$

$$r_{min} = 30mm = 3cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30mm = 39mm = 3,9cm$$

$$r = 400mm = 4cm > r_{Q1min} = 3,9cm$$

6.3.4.2. Altura útil para evitar armadura de corte

Según *CIRSOC 201 – 11.5.6.1*, no es necesario colocar armadura de corte mínima en losas, y según *CIRSOC 201 – 11.12.1.1* para losas armadas en una dirección se debe dimensionar al corte según *11.1 a 11.5* de dicho reglamento.

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201– 11.1.1*

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada, en N. El máximo esfuerzo de corte mayorado en la etapa 2 es:

$$V_u = 94,24KN * 1000 \frac{N}{KN} = 94240N$$

V_n : Resistencia nominal al corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d$$

$b w$: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$b w = 1m$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$\sqrt{f'c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa.
Debe ser $\leq 8,3\text{MPa}$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{30\text{MPa}} = 5,48\text{MPa} < 8,3\text{MPa}$$

V_s : Resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte, N.
Si no poseemos armadura de corte, entonces:

$$V_n = V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$$

Como debe cumplirse que:

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d \geq V_u$$

$$d \geq \frac{6 * V_u}{\phi \sqrt{f'c} b_w} = \frac{6 * 94240\text{N}}{0,75 * 5,48\text{MPa} * 1000\text{mm}} = 137,58\text{mm} = 13,76\text{cm}$$

6.3.4.3. Altura útil

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $d_b=16\text{mm}$. Se adopta un espesor de losa $h=25\text{cm}$.

$$d = h - r - \frac{d_b}{2} = 25\text{cm} - 4\text{cm} - \frac{1,6\text{cm}}{2} = 20,2\text{cm} > d_{\min} = 13,76\text{cm} \rightarrow BC$$

6.3.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

Se adoptan armaduras idénticas en ambas caras de la pantalla inferior, por lo cual se trabaja únicamente con el máximo momento mayorado.

6.3.5.1. Armadura principal

a. Armadura principal necesaria

- Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2* el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\epsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \epsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

- Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para $f'c$: Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según *CIRSOC 201 – 10.2.7.3* $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Según CIRSOC 201 – 10.2.2.1 →

$$f^*c = 0,85 f'c = 0,85 * 30MPa = 25,5MPa = 25500 \frac{KN}{m^2}$$

Según CIRSOC 201 – EJEMPLO DE APLICACIÓN

$$\rightarrow k_{min} = \frac{1,4}{f^*c} = \frac{1,4}{25,5MPa} = 0,055$$

- Separación máxima de la armadura principal

Según CIRSOC 201 – 7.6.5, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (sl_{max}) debe ser:

$$Sl \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 25cm = 62,5cm$$

$$Sl \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1cm = 25cm$$

$$Sl \leq 300mm = 30cm$$

$$sl_{max} = 25cm$$

db: Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición = 1cm.

h: Espesor o altura total de la losa = 0,25m

- Dimensionamiento armadura principal

Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md: Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu: Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 36,96 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{36,96 \frac{KNm}{m}}{0,9} = 41,1 \frac{KNm}{m}$$

Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f^*c \cdot bw \cdot d^2} = \frac{41,1 \frac{KNm}{m}}{25500 \frac{KN}{m^2} \cdot 1m \cdot (0,202m)^2} = 0,04$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección

f^*c : Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$k_a = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,04} = 0,04 < k_{amin} = 0,055$$

$$k_a = 0,055$$

$$k_c = \frac{k_a}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < k_{cmax} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$A_{s nec} = \frac{k_a f * c b w d}{f_y} = \frac{0,055 \cdot 25,5 MPa \cdot 1000 mm \cdot 202 mm}{420 MPa} = 674,54 \frac{mm^2}{m} = 6,75 \frac{cm^2}{m}$$

A_{s nec}: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

Verificacion de la suposicion de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - k_c)}{k_c} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ε_t: Deformación específica neta de tracción en el acero mas traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción ≥ ε_{tu} = 5‰.

ε_c: Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción = ε_{cu} = 3‰.

b. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal φ16mm cada 25cm en ambas caras:

$$A_{s adop} = 8,04 \frac{cm^2}{m} > A_{s nec} = 6,75 \frac{cm^2}{m}$$

$$s = 25cm = s_{secmax} = 25cm \rightarrow BC$$

6.3.5.2. Armadura secundaria

Según CIRSOC 201 – 7.12.1, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

a. Armadura secundaria necesaria

- Sección necesaria

Según *CIRSOC 201* – Tabla 7.12.2.1: “Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso → *Cuantía mínima*: $\rho = 0,0018$

$$A_{s \text{ sec nec}} = \rho (h b) = 0,0018 * 25\text{cm} * 100\text{cm} = 4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Separación máxima

Según *CIRSOC 201* – 7.12.2.2, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{\text{sec}} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 25\text{cm} = 75\text{cm}$$

$$s_{\text{sec}} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{\text{sec max}} = 30\text{cm}$$

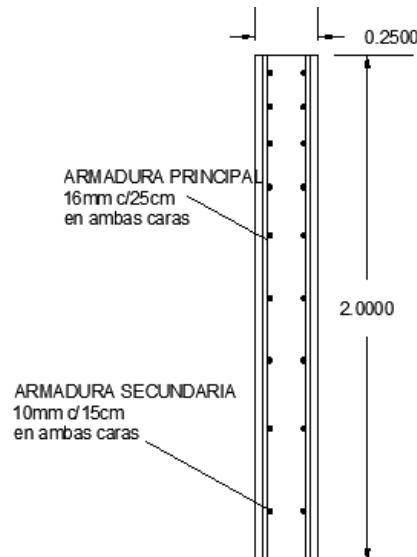
b. Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 10\text{mm}$ cada 15cm en ambas caras:

$$A_{s \text{ adop}} = 5,24 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s \text{ nec}} = 4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 15\text{cm} < s_{\text{sec max}} = 30 \rightarrow \text{BC}$$

6.3.6. ESQUEMA



6.4. CONTRAFUERTE

6.4.1. ANALISIS DE CARGAS

6.4.1.1. Cargas horizontales

a. Empuje de suelo

Se considera el mismo método, coeficiente de presión lateral de las tierras en reposo y peso específico del suelo de relleno.

Se considera como carga distribuida uniforme aplicada en toda la pantalla a la presión máxima aplicada en la parte inferior de la misma, si bien se está trabajando con una carga mayor a la real, se está del lado de la seguridad

$$Hh = [hc' \gamma_{sat} K_0] * hc * li = \left[3,7m * 18 \frac{KN}{m^3} * 0,75 \right] * 2,5m * 2,25m = 280,97 KN$$

b. Reacción horizontal de viga principal

Por variación de temperatura y frenado

$$Ht = 31,05KN$$

6.4.1.2. Cargas verticales

a. Reacción de losa de aproximación

• Cargas permanentes

La reacción de la losa de aproximación para cargas permanentes:

$$RLAD = 36,5 \frac{KN}{m}$$

• Sobrecargas accidentales

La reacción de la losa de aproximación para sobrecargas accidentales sin impacto:

$$RLAL = 30,4 \frac{KN}{m}$$

b. Reacción vertical de viga principal

• Cargas permanentes

La reacción vertical de la viga principal para cargas permanentes

$$RVPD = 190 KN$$

• Sobrecargas accidentales

La reacción vertical de la viga principal para sobrecargas accidentales sin impacto

$$RVPLsin\phi = 180 KN$$

c. Peso propio pantallas y contrafuerte

$$PPD = [(2,25m * 0,2m * 1m) + (2,25m * 0,25m * 2m) + (1m * 0,3m * 2,5m)] 25 \frac{KN}{m^3} = 58,13 KN$$

d. Cargas verticales totales

$$Nd = 36,5 \frac{KN}{m} * 2,25m + 190 KN + 58,13 KN = 330,26 KNNl = 30,4 \frac{KN}{m} * 2,25m + 180KN = 248,4 KN$$

6.4.2. SOLICITACIONES

Se dimensionan como ménsulas apoyadas en el cabezal de pilotes.

6.4.2.1. Momento flector

$$Md = Mt = Ht * hc = 31,05KN * 2,5m = 77,63 KNm$$

$$Ml = Mh = Hh * \frac{hc}{3} = 280,97 KN * \frac{2,5m}{3} = 234,14 KNm$$

6.4.2.2. Esfuerzos de corte

$$Vd = Vt = Ht = 31,05 KN$$

$$Vl = Vh = Hh = 280,97 KN$$

6.4.2.3. Esfuerzos normales

$$Nd = 330,26 KNNl = 284,4 KN$$

6.4.3. RESISTENCIA REQUERIDA

Según CIRSOC 201 (versión 2005) – 9.2, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D) y sobrecargas (L), la resistencia requerida es igual a:

$$Mu = 1,2Md + 1,6Ml = 1,2 * 77,63KNm/m + 1,6 * 234,14KNm/m = 467,78KNm$$

$$Vu = 1,2Vd + 1,6Vl = 1,2 * 31,05KN + 1,6 * 280,97KN = 486,81KN$$

$$Nu = 1,2Nd + 1,6Nl = 1,2 * 330,26 KN + 1,6 * 284,4KN = 852 KN$$

6.4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGON

6.4.4.1. Recubrimiento mínimo

Según CIRSOC 201– Tabla 7.7.1: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $db \leq 16mm$

$$r_{min} = 30mm = 3cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30mm = 39mm = 3,9cm$$

$$r = 400mm = 4cm > r_{Q1min} = 3,9cm$$

6.4.4.2. Dimensiones adoptadas

$$b = 0,3m = 30cm$$

$$h = 1,25m = 125cm$$

$$d = h - r - dest - \frac{db}{2} = 125cm - 4cm - 0,6cm - \frac{2,5cm}{2} = 119,15cm = 1,2m$$

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $db=25mm$ y diámetro de estribos $dest=6mm$.

6.4.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

6.4.5.1. Armadura longitudinal – Flexocompresión

a. Armadura principal necesaria

La pantalla superior trabaja a flexión compuesta recta, por lo que se utilizará diagramas de interacción para la determinación de las armaduras, disponibles en *Diagrama de interacción - Parte 1 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201 (Agosto 2005)”*.

- Factor de reducción de resistencia: ϕ

Según CIRSOC 201 – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\%$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

- Distancia desde la fibra comprimida externa hasta el baricentro de la armadura longitudinal: d'

$$d' = r + dest + \frac{db}{2} = 4cm + 0,6cm + \frac{2,5cm}{2} = 5,85cm$$

$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{125cm - 2 * 5,85cm}{125cm} = 0,91$$

- Cuantía geométrica necesaria

$$Mu = 0,47MNm$$

$$Nu = 0,85MN$$

Con esta información, determinamos la cuantía geométrica del diagrama I.11 con $f'c=30MPa$, $fy=420MPa$ y $\gamma=0,90$:

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

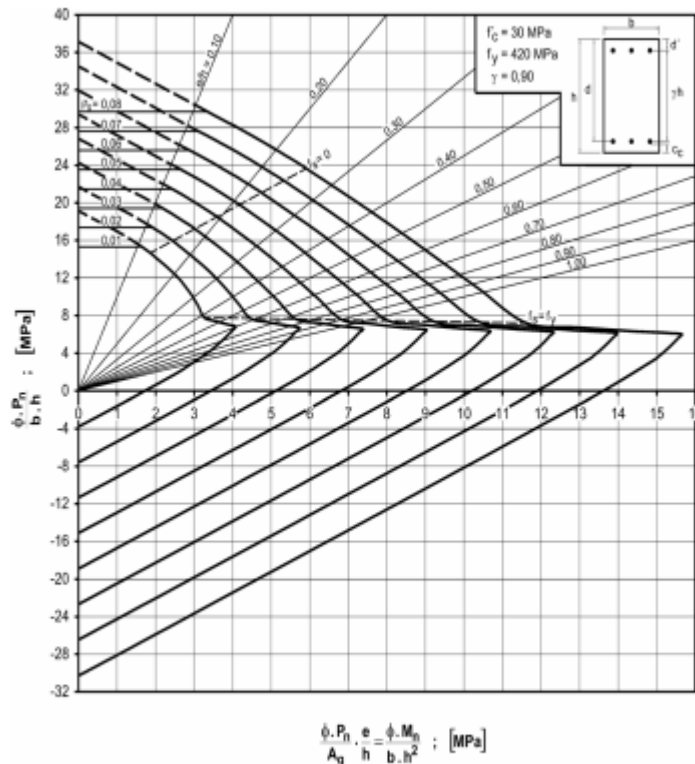


DIAGRAMA I.15

Diagrama de Interacción de la resistencia de secciones rectangulares con barras en las caras extremas. $f_c = 30 \text{ MPa}$ y $y = 0,90$.

FIG. VI.9.3: Diagrama de interacción – FUENTE: Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201 (Agosto 2005)”.

$$\frac{\phi M_u}{b h^2} = \frac{0,9 * 0,47 \frac{KN}{m}}{0,3m * (1,25m)^2} = 0,9$$

$$\frac{\phi N_u}{b h} = \frac{0,9 * \left(-0,85 \frac{KN}{m}\right)}{0,3m * (1,25m)} = -2$$

$$\rho = 0,02$$

- Armadura necesaria

$$A_{s nec} = \rho A_g = \rho b h = 0,02 * 30cm * 125cm = 75cm^2$$

- Armadura principal mínima y máxima

- Compresión

Según CIRSOC 201 – 10.9.1, $\rho_{min} = 0,01$ y $\rho_{max} = 0,08$.

$$A_{s min} = \rho_{min} A_g = \rho b h = 0,01 * 30cm * 125cm = 37,5cm^2$$

$$A_{s max} = \rho_{max} A_g = \rho b h = 0,08 * 30cm * 125cm = 300cm^2$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

- Flexión simple

Según *CIRSOC 201* – 10.5.1, para $f'c \leq 30\text{MPa}$:

$$A_{s\min\ cara} = \frac{1,4\ b\ d}{f_y} = \frac{1,4 * 30\text{cm} * 119,15\text{cm}}{420\text{MPa}} = 11,92\ \text{cm}^2$$

- Separación mínima

Según *CIRSOC 201* – 7.6.1, la separación libre mínima en elementos sometidos a flexión debe ser:

$$s > db = 1,6\text{cm}$$

$$s \leq 25\text{mm} = 2,5\text{cm}$$

$$s \leq 1,33\ \text{TMN} = 1,33\ (1,9\text{cm}) = 2,52\text{cm}$$

$$s_{\min} = 2,52\text{cm}$$

db: Mayor diámetro de barra.

TMN: Tamaño máximo nominal de agregado.

- c. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal 10 $\phi 25\text{mm}$ en ambas caras:

$$A_{s\text{adop}\ cara} = 49,1\text{cm}^2 > A_{s\min\ cara} = 11,92\ \text{cm}^2$$

$$A_{s\text{adop}} = 2\ A_{s\text{adop}\ cara} = 2 * 49,1\text{cm}^2 = 98,2\text{cm}^2 > A_{s\text{nec}} = 75\text{cm}^2 \rightarrow BC$$

$$s = 10\text{cm} > s_{\min} = 2,52\text{cm} \rightarrow BC$$

6.4.5.2. Estribos verticales – Cortes

- a. Armadura de corte necesaria

- Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón

Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201* – 11.3.1.1:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c}\ b\ w\ d = \frac{1}{6} * \sqrt{30\text{MPa}}\ 300\text{mm} * 1192\text{mm} = 326,44\text{KN}$$

$\sqrt{f'c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3\text{MPa}$.

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{30\text{MPa}} = 5,48\text{MPa} < 8,3\ \text{MPa}$$

- Separación límite de estribos

Según *CIRSOC 201* – 11.5.5.1, la separación límite ($s_{\max}$) de la armadura de corte ubicada en forma perpendicular al eje del elemento debe ser:

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{119,15\text{cm}}{2} = 59,6\text{cm}$$

$$s \leq 400\text{mm} = 40\text{cm}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$s_{max} = 40cm$$

- Armadura mínima de corte

Segun CIRSOC 201 – 11.5.5

$$\text{Para } Vu = 486,81KN > 0,5 \emptyset Vc = 0,5 * 0,75 * 326,44KN = 122,42KN$$

$$\frac{Avmin}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{f'c} \frac{bw}{fyt} \leq 0,33 \frac{bw}{fyt}$$

$$\frac{Avmin}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{30MPa} \frac{300mm}{420MPa} = 0,245 \frac{mm^2}{mm} = 2,45 \frac{cm^2}{m} \leq 0,33 \frac{300mm}{420MPa} = 0,236 \frac{mm^2}{mm} = 2,36 \frac{cm^2}{m}$$

$$\frac{Avmin}{s} = 2,36 \frac{cm^2}{m}$$

- Resistencia nominal al corte

$$Vn \geq \frac{Vu}{\emptyset} = \frac{486,81KN}{0,75} = 649,1KN$$

Vu: Esfuerzo de corte requerido para resistir las cargas mayoradas máximo

$\emptyset$: Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura. Según CIRSOC 201 – 9.3.2.3, para corte y torsión = 0,75

- Estribado necesario

$$Vs_{nec} = Vn - Vc = 649,1KN - 326,44KN = 322,66KN$$

$$\frac{Avnec}{s} = \frac{Vs_{nec}}{d fyt} = \frac{322,66KN}{1,19m * 42 \frac{KN}{cm^2}} = 6,46 \frac{cm^2}{m} > \frac{Avmin}{s} = 2,36 \frac{cm^2}{m}$$

fyt: Tensión de fluencia especificada de la armadura transversal, no tesa= 420MPa= 42 KN/cm²

- b. Armadura de corte adoptada

Se adoptan estribos verticales de 2 ramas, $\phi 6mm$ cada 5cm:

$$\frac{A_{vadop}}{s} = 2 \left(\frac{0,28cm^2}{0,05m} \right) = 11,2 \frac{cm^2}{m} > \frac{Avnec}{s} = 6,46 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$Vs_{adop} = d fyt \left(\frac{A_{vadop}}{s} \right) = 1,19m * 42 \frac{KN}{cm^2} * 11,2 \frac{cm^2}{m} = 559,78KN$$

- c. Verificaciones

- Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.7.9:

$$Vs_{adop} \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'c} b d$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$V_{sadop} = 559,78KN \leq \frac{2}{3} \sqrt{30MPa} 300mm * 1192mm = 1304,68KN \rightarrow BC$$

- Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.5.3:

$$V_{sadop} > \frac{1}{3} \sqrt{f'c} bw d$$

$$V_{sadop} = 559,78KN < \frac{1}{3} \sqrt{30MPa} * 300mm * 1192mm = 652,89KN$$

Las separaciones máximas se deben reducir a la mitad, por lo tanto:

$$s_{max} = 20cm$$

$$s = 5cm < s_{max} = 20cm \rightarrow BC$$

6.4.5.3. Armadura de fisuración

Según CIRSOC 201 – 10.6.7, cuando una viga tenga un H mayor a 0,90m se debe colocar a lo largo de ambas caras laterales del elemento una armadura longitudinal uniforme para controlar las fisuraciones a una separación s:

$$s \leq 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5Cc = 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}fy} \right) = 380 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}420MPa} \right) - 2,5(46mm) \\ = 265mm$$

$$s \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) = 300 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}fy} \right) = 300 \left(\frac{280}{\frac{2}{3}420MPa} \right) = 300mm$$

$$s_{max} = 265mm = 26,5cm$$

f_s : Tensión en la armadura más cercana a la cara traccionada bajo las cargas de servicio.
Se permite tomar igual a $2/3 f_y$.

Cc : Menor distancia entre la superficie de la armadura o del acero de pretensado y la cara traccionada.

$$Cc = r_{lat} + \emptyset_{est} = 4cm + 0,6cm = 4,6cm = 46mm$$

Se adoptan $\phi 6mm$ cada 25cm en las caras laterales.

6.4.6. VERIFICACION AL PANDEO

6.4.6.1. Momentos amplificados

Según CIRSOC 201 – 10.12.3 Los elementos comprimidos se deben dimensionar para la carga axial mayorada P_u y para el momento mayorado y amplificado por los efectos de la curvatura del elemento, M_c , de acuerdo con las siguientes expresiones.

$$M_c = \delta n s M_2 = \delta n s M_u = 1 * 467,78 \text{KNm} = 467,78 \text{KNm}$$

$$\delta n s = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{852 \text{KN}}{0,75 * 3387643 \text{KN}}} = 1 \geq 1$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{(k l_u)^2} = \frac{\pi^2 343,24 \text{MNm}^2}{(1 * 1 \text{m})^2} = 3387643 \text{KN}$$

$$E I = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta d} = \frac{0,4 * 25742,96 \text{MPa} * 0,049 \text{m}^4}{1 + 0,47} = 343,24 \text{MNm}^2$$

$$C_m = 1$$

$$k = 1$$

$$l_u = 2,5 \text{m}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{30 \text{MPa}} = 25742,96 \text{MPa}$$

$$I_g = 0,049 \text{m}^4$$

$$\beta d = \frac{1,2 P_D}{1,2 P_D + 1,6 P_L} = \frac{1,2 * 330,26 \text{KN}}{1,2 * 330,26 \text{KN} + 1,6 * 284,4 \text{KN}} = 0,47$$

M_c : momento mayorado, amplificado por los efectos de la curvatura del elemento, a ser utilizado en el diseño de un elemento comprimido, en N.

M_2 : el mayor momento (de primer orden) mayorado, en uno de los extremos de un elemento comprimido, siempre positivo, en N.

$\delta n s$: factor de amplificación de momentos para pórticos indesplazables, utilizado para reflejar los efectos de la curvatura entre los extremos del elemento comprimido.

C_m : factor que relaciona el diagrama real de momentos con un diagrama equivalente de momentos uniforme.

P_c : carga crítica de pandeo, en N.

$E I$: rigidez a flexión de un elemento comprimido, en N mm².

k : factor de longitud efectiva para elementos comprimidos.

l_u : longitud sin apoyo lateral de un elemento comprimido.

βd : es la relación entre la máxima carga axial mayorada que actúa en forma permanente (carga de larga duración) y la máxima carga axial mayorada asociada a la misma combinación de cargas.

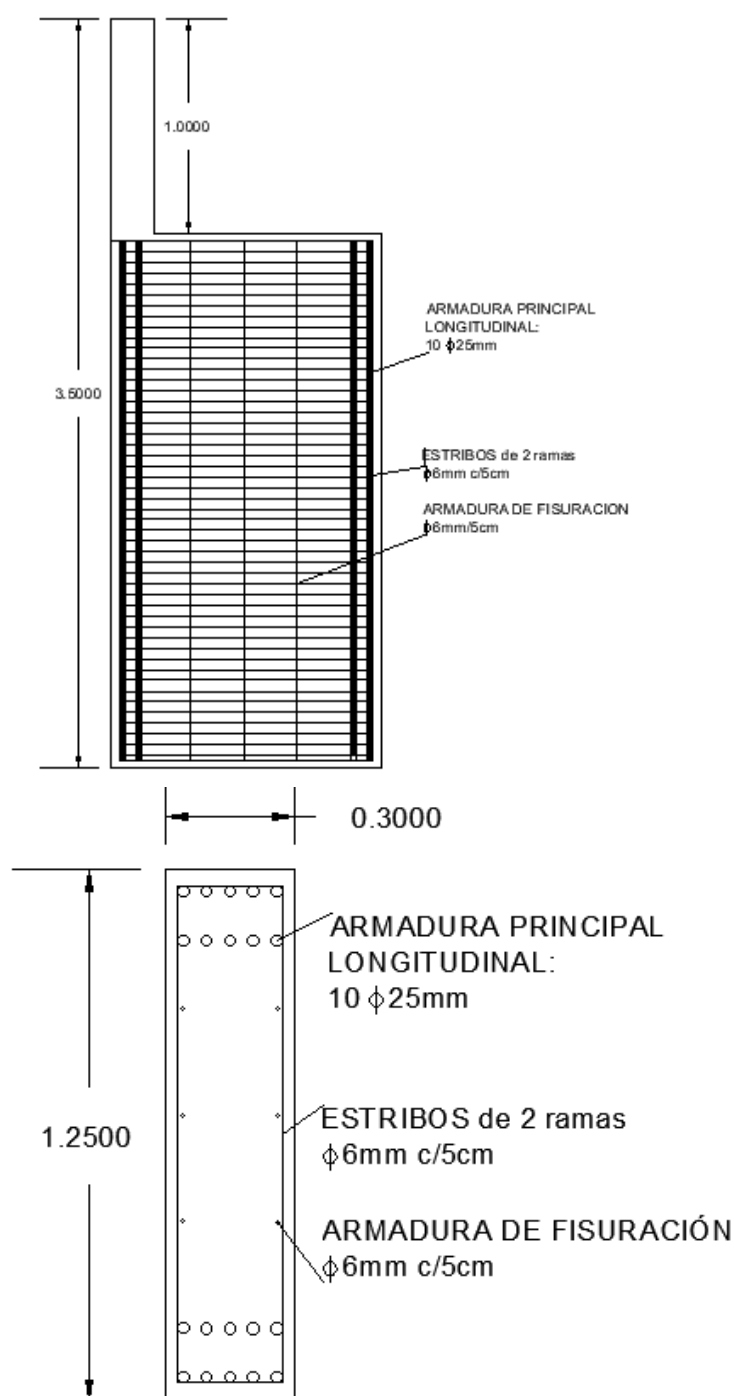
$$M_c = M_u \rightarrow \text{Es correcto dimensionar con } M_c.$$

6.4.7. ESQUEMA RESUMEN

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN



6.5. MURO DE ALA

6.5.1. ANALISIS DE CARGAS

6.5.1.1. Cargas horizontales: Empuje de suelo

Se considera el mismo método, coeficiente de presión lateral de las tierras en reposo y Se considera como carga distribuida uniforme aplicada en todo el muro a la presión máxima aplicada en la parte inferior de la misma, si bien se está trabajando con una carga mayor a la real, se está del lado de la seguridad.

$$q = h_i * \gamma_{sat} * K_0 = 3,5m * 18 \frac{KN}{m^3} * 0,75 = 47,25 \frac{KN}{m^2}$$

6.5.2. SOLICITACIONES

Se analiza al muro de ala como una losa cruzada, considerándola simplemente apoyada en la dirección x-x y empotrada libre en la dirección y-y. Para poder obtener los valores de las solicitaciones, se trabajó con tablas y coeficientes que tienen en cuenta el estado de vinculación de la losa y las cargas a las cuales está sometida.

Las longitudes de análisis son:

$$L_y - y = 2m + 0.5m + 1m = 3.5m$$

$$L_x - x = 5.25m$$

6.5.2.1. Momento flector

$$M_x = 0.0115 * q * L_x^2 = 0.0115 * 47.25 \frac{KN}{m^2} * (5.25m)^2 = 14,97 \frac{KNm}{m}$$

$$M_y = -0.0476 * q * L_y^2 = -0.0476 * 47.25 \frac{KN}{m^2} * (3.5m)^2 = -27 \frac{KNm}{m}$$

6.5.2.2. Esfuerzos de corte

$$V_x = 0.364 * \frac{q}{2} * L_x = 0.364 * 47.25 \frac{KN}{m^2} * \frac{1}{2} * (5.25m) = 45,14 \frac{KN}{m}$$

$$V_y = 0.591 * \frac{q}{2} * L_y = 0.591 * 47.25 \frac{KN}{m^2} * \frac{1}{2} * (3.5m) = 48,86 \frac{KN}{m}$$

6.5.3. RESISTENCIA REQUERIDA

Según CIRSOC 201 – 9.2, teniendo en cuenta que solo se dispone de cargas debidas a la presión lateral de los suelos (H) la resistencia requerida es igual a:

$$M_{ux} = 1,6 M_h = 1,6 * 14,97 \frac{KNm}{m} = 23,96 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{uy} = 1,6 M_h = 1,6 * 27 \frac{KNm}{m} = 43,98 \frac{KNm}{m}$$

$$V_{ux} = 1,6 V_h = 1,6 * 45,14 \frac{KN}{m} = 72,23 \frac{KN}{m}$$

$$V_{uy} = 1,6 V_h = 1,6 * 48,86 \frac{KN}{m} = 78,18 \frac{KN}{m}$$

6.5.4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGÓN

6.5.4.1. Recubrimiento mínimo

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Según *CIRSOC 201– Tabla 7.7.1*: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $d_b \leq 16\text{mm}$

$$r_{min} = 30\text{mm} = 3\text{cm}$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30\text{mm} = 39\text{mm} = 3,9\text{cm}$$

$$r = 400\text{mm} = 4\text{cm} > r_{Q1min} = 3,9\text{cm}$$

6.5.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

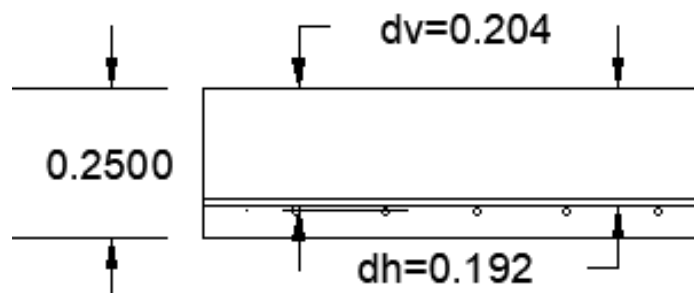
Las barras se disponen según las dos direcciones de trabajo del muro, por lo que deberán determinarse las secciones necesarias en ambas direcciones de análisis.

Se adopta una altura de sección (h) de 0,25m

Considerando el recubrimiento calculado y el diámetro de la barra adoptado, se calcula el valor de d , teniendo en cuenta que la armadura que responde al mayor momento (en este caso M_{uy}) se deberá colocar teniendo en cuenta la mayor altura estática; y la armadura correspondiente al momento de menor valor, se deberá colocar a 90°

$$d_v = 25\text{cm} - 4\text{cm} - \frac{1,2\text{cm}}{2} = 20,4\text{cm} = 0,204\text{m}$$

$$d_h = 20,4\text{cm} - 1,2\text{cm} = 19,2\text{cm} = 0,192\text{m}$$



6.5.5.1. Armadura principal

6.5.5.1.1 Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2* el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

6.5.5.1.2 Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según *CIRSOC 201 – 10.2.7.3* $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según *CIRSOC 201 – 10.2.2.1* $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30 \text{ MPa} = 25,5 \text{ MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Según *CIRSOC 201 – EJEMPLO DE APLICACIÓN*

$$\rightarrow k_{amin} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5 \text{ MPa}} = 0,055$$

6.5.5.1.3 Separación máxima de la armadura principal

Según *CIRSOC 201 – 7.6.5*, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (sl_{max}) debe ser:

$$sl \leq 2 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2 * 25 \text{ cm} = 50 \text{ cm } (*)$$

$$sl \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$sl \leq 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$sl_{max} = 25 \text{ cm}$$

db: Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición = 1cm.

h: Espesor o altura total de la losa = 0,25m

(*) *por tratarse de una losa apoyada en dos direcciones, se reduce esta expresión para el cálculo de la separación máxima de la armadura principal.*

6.5.5.1.4 Dimensionamiento armadura principal horizontal

a. Momento nominal

Según *CIRSOC 201 – 9.1.1* se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md: Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu: Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 23,96 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$\phi = 0,9$$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{23,96 \frac{KNm}{m}}{0,9} = 26,62 \frac{KNm}{m}$$

b. Armadura necesaria

$$mn = \frac{M_n}{f * c * b_w * d^2} = \frac{26,62 \frac{KNm}{m}}{25500 \frac{KN}{m^2} * 1m * (0.192m)^2} = 0,028$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección

f*c: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

b_w: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,028} = 0,028 < k_{amin} = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < k_{cmax} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$A_{snec} = \frac{ka * f * c * b_w * d}{f_y} = \frac{0,055 * 25,5MPa * 100cm * 19.2cm}{420 MPa} = 6,41 \frac{cm^2}{m}$$

A_{snec}: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

c. Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} \\ = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\text{‰}$.

d. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal horizontal $\phi 12\text{mm}$ cada 15cm en dirección horizontal, sobre la cara traccionada:

$$A_s \text{ adop} = 7,53 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_s \text{ nec} = 6,41 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 15\text{cm} = s_{\text{secmax}} = 25\text{cm} \rightarrow BC$$

6.5.5.1.5 Dimensionamiento armadura principal vertical

a. Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

M_d : Resistencia o momento de diseño de la sección.

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección.

M_u : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$M_u = 43,98 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{43,98 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 48,87 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}$$

b. Armadura necesaria

$$m_n = \frac{M_n}{f * c * b_w * d^2} = \frac{48,87 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 1\text{m} * (0,204\text{m})^2} = 0,046$$

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección

$f * c$: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm.

Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,046} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,046} = 0,047 < kamin = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$Asnec = \frac{ka f * c bw d}{fy} = \frac{0,055 25,5MPa 100cm 20,4cm}{420 MPa} = 5,84 \frac{cm^2}{m}$$

Asnec: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

c. Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d-c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d-c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1-kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1-0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero mas traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\text{‰}$.

d. Armadura principal vertical adoptada

Se adopta como armadura principal horizontal $\phi 12mm$ cada 15cm en dirección vertical, sobre la cara traccionada:

$$As_{adop} = 7,53 \frac{cm^2}{m} > Asnec = 5,84 \frac{cm^2}{m}$$

$$s = 15cm = ssecmax = 25cm \rightarrow BC$$

6.5.5.2 Verificación de armadura mínima

Según *CIRSOC 201 – 7.12.1*, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

6.5.5.2.1 Armadura secundaria necesaria

a. Sección necesaria

Según *CIRSOC 201 – Tabla 7.12.2.1*: “Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso $\rightarrow$ *Cuantía mínima*: $\rho = 0,0018$

$$A_{s \text{ sec nec}} = \rho (h b) = 0,0018 * 25\text{cm} * 100\text{cm} = 4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

b. Separación máxima

Según *CIRSOC 201 – 7.12.2.2*, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{\text{sec}} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 25\text{cm} = 75\text{cm}$$

$$s_{\text{sec}} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{\text{sec max}} = 30\text{cm}$$

6.5.5.2.2 Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 10\text{mm}$ cada 15cm en ambas caras:

$$A_{s \text{ adop}} = 5,24 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s \text{ nec}} = 4,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 15\text{cm} < s_{\text{sec max}} = 30 \rightarrow \text{BC}$$

6.5.6 VERIFICACION AL CORTE

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201– 11.1.1*

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada:

$$V_u = 104,25\text{KN} * 1000 \frac{\text{N}}{\text{KN}} = 104252\text{N}$$

V_n : Resistencia nominal a la corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, CIRSOC 201 – 11.3.1.1:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b w d$$

$b w$: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$b w = 1 m$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

$\sqrt{f'c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3$ MPa. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{30 MPa} = 5,48 MPa < 8,3 MPa$$

V_s : Resistencia nominal a la corte proporcionada por la armadura de corte, N.
Si no poseemos armadura de corte, entonces:

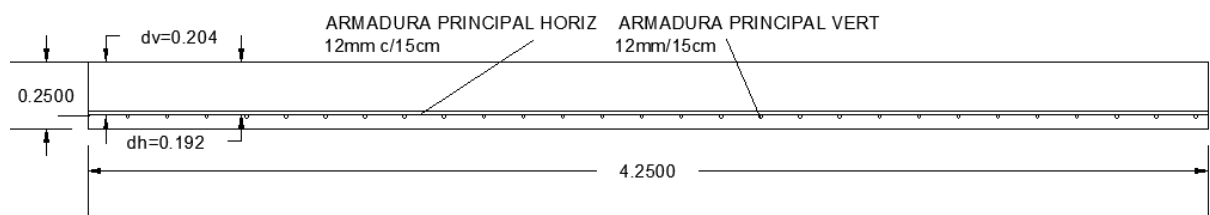
$$V_n = V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b w d$$

Como debe cumplirse que:

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b w d \geq V_u$$
$$\phi V_n = 0,75 * \frac{1}{6} * 5,48 MPa * 1000 mm * 250 mm = 171250 N \gg V_u = 104252 N$$

Por lo que no se requiere armadura por corte.

6.5.7 ESQUEMA RESUMEN



6.6 CONTRAFUERTE POSTERIOR

6.6.1 ANALISIS DE CARGA

6.6.1.1 Cargas: reacción del muro de ala

Se considera como una carga uniformemente distribuida sobre el contrafuerte posterior, igual a la reacción del muro de ala.

$$q = 72,23 \text{ kn/m}$$

6.6.2 SOLICITACIONES

Se analiza el contrafuerte posterior como empotrado en el cabezal, y libre en el extremo.

6.6.2.1 Momento flector

$$Mu = \frac{72,23 \text{ kn}}{m} * (3,5 \text{ m})^2 * \frac{1}{2} = 442,44 \text{ KNm}$$

6.6.2.2 Esfuerzos de corte

$$Vu = \frac{72,23 \text{ kn}}{m} * 3,5 \text{ m} = 252,82 \text{ KN}$$

6.6.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGON

6.6.3.1 Recubrimiento mínimo

Según CIRSOC 201– Tabla 7.7.1: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $db \leq 16 \text{ mm}$

$$r_{min} = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3 r_{min} = 1,3 * 30 \text{ mm} = 39 \text{ mm} = 3,9 \text{ cm}$$
$$r = 400 \text{ mm} = 4 \text{ cm} > r_{Q1min} = 3,9 \text{ cm}$$

6.6.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

Se adoptan las siguientes dimensiones

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$b = 0,3 \text{ m}$$

Adoptando un diámetro de barra de 16mm

$$dv = 80 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - \frac{1,6 \text{ cm}}{2} = 75,2 \text{ cm} = 0,752 \text{ m}$$

6.6.4.1 Armadura principal

6.6.4.1.1 Armadura principal necesaria

a. Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2* el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

b. Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según *CIRSOC 201 – 10.2.7.3* $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según *CIRSOC 201 – 10.2.2.1* $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30 \text{ MPa} = 25,5 \text{ MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Según *CIRSOC 201 – EJEMPLO DE APLICACIÓN*

$$\rightarrow k_{min} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5 \text{ MPa}} = 0,055$$

c. Separación máxima de la armadura principal

Según *CIRSOC 201 – 7.6.5*, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (s_{lmax}) debe ser:

$$s_l \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 30 \text{ cm} = 75 \text{ cm}$$

$$s_l \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$s_l \leq 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$s_{lmax} = 25 \text{ cm}$$

db: Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición = 1cm.

h: Espesor o altura total de la losa = 0,30m

6.6.4.1.2 Dimensionamiento armadura principal

a. Momento nominal

Según *CIRSOC 201 – 9.1.1* se debe verificar:

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

M_d : Resistencia o momento de diseño de la sección.

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección.

M_u : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$M_u = 442,4 \text{ KNm/m}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{442,4 \frac{KNm}{m}}{0,9} = 491,6 \frac{KNm}{m}$$

b. Armadura necesaria

$$mn = \frac{M_n}{f * c * bw * d^2} = \frac{491,6 \frac{KNm}{m}}{25500 \frac{KN}{m^2} * 1m * (0.752m)^2} = 0,034$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección

f*c: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,034} = 0,034 < k_{amin} = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < k_{cmax} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$A_{snec} = \frac{ka * f * c * bw * d}{f_y} = \frac{0,055 * 25,5MPa * 100cm * 75,2cm}{420 MPa} = 15,8 \frac{cm^2}{m}$$

A_{snec}: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

c. Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero mas traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a

la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\%$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\%$.

d. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal horizontal $4\phi 25\text{mm}$

$$A_s \text{ adop} = 19,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_s \text{ nec} = 15,9 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 9,5\text{cm} = s_{\text{secmax}} = 25\text{cm} \rightarrow BC$$

6.6.4.2 Armadura secundaria

Según *CIRSOC 201 – 7.12.1*, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

6.6.4.2.1 Armadura secundaria necesaria

a. Sección necesaria

Según *CIRSOC 201 – Tabla 7.12.2.1*: “Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso $\rightarrow$ *Cuantía mínima*: $\rho = 0,0018$

$$A_s \text{ sec sec nec} = \rho (h b) = 0,0018 * 80\text{cm} * 30\text{cm} = 4,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

b. Separación máxima

Según *CIRSOC 201 – 7.12.2.2*, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$\begin{aligned} s_{\text{sec}} &\leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 30\text{cm} = 90\text{cm} \\ s_{\text{sec}} &\leq 300\text{mm} = 30\text{cm} \\ s_{\text{sec max}} &= 30\text{cm} \end{aligned}$$

6.6.4.2.2 Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 10\text{mm}$ cada 15cm en ambas caras:

$$\begin{aligned} A_s \text{ adop} &= 5,24 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_s \text{ nec} = 4,32 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \\ s &= 15\text{cm} < s_{\text{secmax}} = 30 \rightarrow BC \end{aligned}$$

6.6.4.3 Estribos verticales – Cortes

6.6.4.3.1 Armadura de corte necesaria

a. Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón

Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w d = \frac{1}{6} * \sqrt{30 \text{MPa}} 300 \text{mm} * 752 \text{mm} = 206,04 \text{KN}$$

$\sqrt{f'_c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3 \text{MPa}$.

$$\sqrt{f'_c} = \sqrt{30 \text{MPa}} = 5,48 \text{MPa} < 8,3 \text{MPa}$$

b. Separación límite de estribos

Según *CIRSOC 201 – 11.5.5.1*, la separación límite ($s_{\max}$) de la armadura de corte ubicada en forma perpendicular al eje del elemento debe ser:

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{75,2 \text{cm}}{2} = 37,6 \text{cm}$$
$$s \leq 400 \text{mm} = 40 \text{cm}$$
$$s_{\max} = 37,6 \text{cm}$$

c. Armadura mínima de corte

Según *CIRSOC 201 – 11.5.5*

Para

$$V_u = 252,8 \text{KN} > 0,5 \emptyset V_c = 0,5 * 0,75 * 206,04 \text{KN} = 77,26 \text{KN}$$

$$\frac{A_{v \min}}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{30 \text{MPa}} \frac{300 \text{mm}}{420 \text{MPa}} = 0,245 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 2,45 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq 0,33 \frac{300 \text{mm}}{420 \text{MPa}} = 0,236 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 2,36 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$
$$\frac{A_{v \min}}{s} = 2,36 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

d. Resistencia nominal al corte

$$V_n \geq \frac{V_u}{\emptyset} = \frac{252,82 \text{KN}}{0,75} = 337,10 \text{KN}$$

V_u : Esfuerzo de corte requerido para resistir las cargas mayoradas máximo

$\emptyset$: Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura.

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*, para corte y torsión = 0,75

e. Estribado necesario

$$V_{s \text{ nec}} = V_n - V_c = 337,10 \text{KN} - 206,04 \text{KN} = 131,66 \text{KN}$$

$$\frac{A_{v \text{ nec}}}{s} = \frac{V_{s \text{ nec}}}{d f_{yt}} = \frac{131,7 \text{KN}}{0,752 \text{m} * 42 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}} = 4,16 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{A_{v \min}}{s} = 2,36 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

f_{yt} : Tensión de fluencia especificada de la armadura transversal, no tesa = $420 \text{MPa} = 42 \text{KN/cm}^2$

- Estribos por tracción

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Se calcula la sección necesaria para alclar el muro de ala al contrafuerte posterior

$$\frac{A_{vnec}}{s} = \frac{RMA}{0,9 * f_y} = \frac{72.23kn/m}{0.9 * 420Mpa} = 1,91 \frac{cm^2}{m}$$

$$\frac{AV_{snec}}{s} = \frac{4,16cm^2}{m} + \frac{1,91cm^2}{m} = 6,07 \frac{cm^2}{m}$$

f. Armadura de corte total adoptada

Se adoptan estribos verticales de 2 ramas, $\phi 8mm$ cada 15cm:

$$\frac{A_{vadop}}{s} = 2 \left(\frac{0,5cm^2}{0,15m} \right) = 6,66 \frac{cm^2}{m} > \frac{A_{vnec}}{s} = 6,07 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

$$V_{sadop} = d f_{yt} \left(\frac{A_{vadop}}{s} \right) = 0,752m * 42 \frac{KN}{cm^2} * 6,66 \frac{cm^2}{m} = 210,34KN$$

g. Verificaciones

• Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.7.9:

$$V_{sadop} \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b d$$

$$V_{sadop} = 210,34KN \leq \frac{2}{3} \sqrt{30MPa} 300mm * 752mm = 823,77KN \rightarrow BC$$

• Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.5.3:

$$V_{sadop} > \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d$$

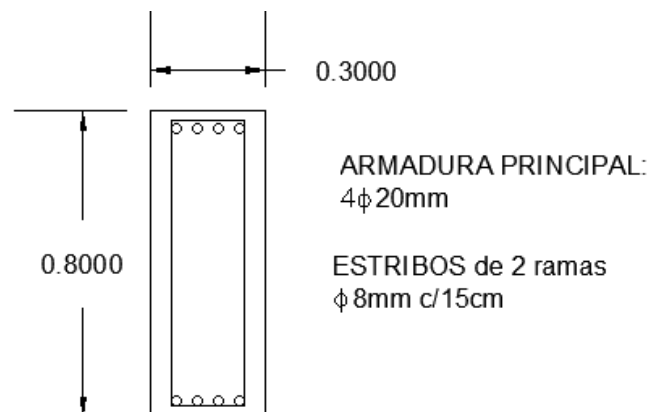
$$V_{sadop} = 210,34KN < \frac{1}{3} \sqrt{30MPa} * 300mm * 752mm = 411,88KN$$

Las separaciones máximas se deben reducir a la mitad, por lo tanto:

$$s_{max} = 18,8cm$$

$$s = 15cm < s_{max} = 18,8cm \rightarrow BC$$

6.6.5 ESQUEMA RESUMEN



7. FUNDACIONES

7.1. DATOS

7.1.1. DISEÑO

Se utilizará como estructura de fundación, cabezales y fundaciones profundas tipo indirectas a través de pilotes perforados in situ, siguiendo las recomendaciones de la consultora encargada del estudio de suelo, de HORMIGON H-30 y acero ADN 420.

El diámetro adoptado para los pilotes es de 1,2m.

Considerando las recomendaciones presentadas por la consultora encargada del estudio de suelos, se decide apoyar los pilotes en el estrato de material SP (desde -17m a -27m) (Arenas mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino) en una profundidad donde el número de golpes en el ensayo de penetración estándar resulta mayor a 50; esta profundidad es de 23m., teniéndose explorado 4m. por debajo de este nivel y ubicándose en la mitad del estrato que posee un número de golpes mayor a 50 (desde -21m a -27m), dándonos la seguridad de que los pilotes estarán firmemente apoyados en este nivel.

El nivel de punta está a una cota IGN de 24m; lo que conlleva a una longitud de pilote de 18m. Para los estribos se adoptan 2 filas de 8 pilas separadas 4m. entre si y entre pilotes de una misma fila, 4,92m teniendo 16 pilas por estribo. Para los cabezales intermedios, se adoptan 8 pilas separadas 4,8m., teniendo dos cabezales intermedios. Se tiene:

$$S_{filas} = 4m > 3D_p = 3 * 1,2m = 3,6m \rightarrow BC$$

$$S_{pilotes} = \frac{36m - 2 * 0,15m - 1,2m}{8 - 1} = 4,92m > 3D_p = 3 * 1,2m = 3,6m \rightarrow BC$$

$$S_{pilotes} > a \ 4D_p = 4,8m \rightarrow MC \rightarrow \text{Cabezales antieconomicos}$$

Por lo que se decide adoptar 9 pilotes por fila por cabezal en los estribos, y se recalcula la separación entre las mismas.

Se decidió, además, adoptar la misma cantidad de pilas-pilotes para los cabezales intermedios.

En el capítulo de anexos, plano n° 3, se puede observar la disposición de los mismos

$$S_{pilotes} = \frac{36m - 2 * 0,15m - 1,2m}{9 - 1} = 4,3m < 4,8m \rightarrow BC$$

$$n^{\circ} \text{ pilas} = 2 \text{ estribos} * \left[(2 * 9 \text{ pilas}) \frac{1}{\text{estribo}} \right] + 2 \text{ cabezales} * \left(9 \text{ pilas} \frac{1}{\text{cabezal}} \right)$$

$$= 54 \text{ pilas}$$

7.2. CABEZALES

El cabezal de fundación, que forma parte de los estribos y de la fundación, se dimensionara según la dirección del mismo que sea coincidente con el eje longitudinal del puente, y según la dirección que resulte coincidente con el eje transversal del mismo. Se considerará simplemente apoyado en los pilotes, para ambas direcciones de análisis.

7.2.1. DIMENSIONADO SEGÚN EL EJE LONGITUDINAL DEL PUENTE

7.2.1.1. Análisis de carga

Se considera simplemente apoyado en las filas 1 y 2 del pilote, y se encuentra sometido a la carga debido al peso propio del cabezal y del suelo bajo la losa de aproximación. Se adopta una altura de cabezal de 1,3m.

$$q_{ppio} = 1,3m * \frac{25kn}{m^3} = \frac{32,5kn}{m^2}$$

$$q_{suelo} = 3,5m * \frac{18kn}{m^3} = \frac{63 kn}{m^2}$$

7.2.1.2. Resistencia requerida

Según *CIRSOC 201 – 9.2*, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D), y cargas debidas a la presión lateral de los suelos (H), la resistencia requerida es igual a:

$$q_u = 1,2 q_{ppio} + 1,6 q_{suelo} = 1,2 * 32,5 \frac{KN}{m} + 1,6 * 63 \frac{KN}{m} = 139,8 \frac{KN}{m^2}$$

7.2.1.3. Solicitaciones

$$M_u = \frac{139,8kn}{m^2} * (4m)^2 / 8 = \frac{279,6 knm}{m}$$

$$V_u = \frac{139,8kn}{m^2} * (4m)^2 / 2 = \frac{279,6 kn}{m}$$

7.2.1.4. Dimensionamiento de las secciones de hormigón

7.2.1.4.1. Recubrimiento mínimo

Según *CIRSOC 201– Tabla 7.7.1*: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón colocado en la base de las fundaciones, en contacto horizontal con el suelo

$$r_{min} = 50mm = 5cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 50mm = 65mm = 6,5 cm$$

$$r = 650mm = 6,5cm$$

7.2.1.5. Dimensionamiento de las armaduras

7.2.1.5.1. Armadura principal

a. Armadura principal necesaria

- Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201* – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

- Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio
Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa
Según *CIRSOC 201* – 10.2.7.3 $\rightarrow \beta_1 = 0,85$
Según *CIRSOC 201* – 10.2.2.1 $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30 \text{ MPa} = 25,5 \text{ MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Según *CIRSOC 201* – EJEMPLOS DE APLICACIÓN

$$\rightarrow k_{min} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5 \text{ MPa}} = 0,055$$

- Separación máxima de la armadura principal
Según *CIRSOC 201* – 7.6.5, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (sl_{max}) debe ser:

$$Sl \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 130 \text{ cm} = 325 \text{ cm}$$

$$Sl \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$Sl \leq 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$sl_{max} = 25 \text{ cm}$$

db: Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición = 1 cm.

h: Espesor o altura total de la losa = 1,3 m

b. Altura útil

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $db = 16 \text{ mm}$. Se adopta un espesor de $h = 130 \text{ cm}$.

$$d = h - r - \frac{db}{2} = 130 \text{ cm} - 6,5 \text{ cm} - \frac{1,6 \text{ cm}}{2} = 122,7 \text{ cm}$$

c. Dimensionamiento armadura principal

- Momento nominal

Según *CIRSOC 201* – 9.1.1 se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md : Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn : Resistencia o momento nominal de la sección.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

M_u : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$M_u = 279,6 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{279,6 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 310,66 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}$$

- *Armadura necesaria*

$$mn = \frac{M_n}{f * c * b_w * d^2} = \frac{310,66 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 1\text{m} * (1,227\text{m})^2} = 0,008$$

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección

$f * c$: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$k_a = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,008} = 0,008 < k_{a \text{ min}} = 0,055$$

$$k_a = 0,055$$

$$k_c = \frac{k_a}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < k_{c \text{ max}} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión $A'_s = 0$

$$A_{s \text{ nec}} = \frac{k_a * f * c * b_w * d}{f_y} = \frac{0,055 * 25,5 \text{ MPa} * 100\text{cm} * 122,7\text{cm}}{420 \text{ MPa}} = 40,97 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$A_{s \text{ nec}}$: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y : Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

- Verificación de la suposición de sección controlada por tracción
La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - k_c)}{k_c} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{t \text{ u}} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero mas traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la

fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\%$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\%$.

d. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal $\phi 25\text{mm}$ cada 10cm:

$$As_{adop} = 49 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > As_{nec} = 40,97 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 10 \text{ cm} = s_{secmax} = 25\text{cm} \rightarrow BC$$

7.2.1.5.2. Armadura secundaria

Según *CIRSOC 201* – 7.12.2.1, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

a. Armadura secundaria necesaria

- Sección necesaria

Según *CIRSOC 201* – Tabla 7.12.2.1: “Cuantía mínima ($\rho = As / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso $\rightarrow$ *Cuantía mínima*: $\rho = 0,0018$

$$As_{sec\ sec\ nec} = \rho (h\ b) = 0,0018 * 130 * 100\text{cm} = 23,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Separación máxima

Según *CIRSOC 201* – 7.12.2.2, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{sec} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 130\text{cm} = 390\text{cm}$$

$$s_{sec} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{sec\ max} = 30\text{cm}$$

b. Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 20\text{mm}$ cada 10cm en ambas caras:

$$As_{adop} = 31,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > As_{nec} = 23,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 10\text{cm} < s_{secmax} = 30 \rightarrow BC$$

- Verificación al corte

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201*– 11.1.1

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201* – 9.3.2.3:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada:

$$V_u = 279,6 \text{ KN} * 1000 \frac{\text{N}}{\text{KN}} = 279600 \text{ N}$$

V_n : Resistencia nominal a la corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$b_w = 1 \text{ m}$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

$\sqrt{f'_c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3 \text{ MPa}$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'_c} = \sqrt{30 \text{ MPa}} = 5,48 \text{ MPa} < 8,3 \text{ MPa}$$

V_s : Resistencia nominal a la corte proporcionada por la armadura de corte, N. Si no poseemos armadura de corte, entonces:

$$V_n = V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d$$

Como debe cumplirse que:

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \geq V_u$$

$$V_n = V_c = 0,75 * \frac{1}{6} * 5,48 \text{ Mpa} * 1000 \text{ mm} * 1300 \text{ mm} = 890500 \text{ N} \gg V_u$$

Por lo que no se requiere armadura por corte.

7.2.2. DIMENSIONADO SEGÚN EJE TRANSVERSAL DEL PUENTE

7.2.2.1 Análisis de carga

Se considera simplemente apoyado entre los pilotes de una misma fila, y se encuentra sometido a la carga debido al peso propio del cabezal y del suelo bajo la losa de aproximación. Se adopta una altura de cabezal de 1,3m.

$$q_{ppio} = 1,3m * \frac{25kn}{m^3} = \frac{32,5kn}{m^2}$$

$$q_{suelo} = 3,5m * \frac{18kn}{m^3} = \frac{63 kn}{m^2}$$

7.2.2.2 Resistencia requerida

Según *CIRSOC 201 – 9.2*, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D), y cargas debidas a la presión lateral de los suelos (H), la resistencia requerida es igual a:

$$q_u = 1,2 q_{ppio} + 1,6 q_{suelo} = 1,2 * 32,5 \frac{KN}{m} + 1,6 * 63 \frac{KN}{m} = 139,8 \frac{KN}{m^2}$$

7.2.2.3 Solicitaciones

$$M_u = \frac{139,8kn}{m^2} * (4,31m)^2 / 8 = \frac{324,61 knm}{m}$$

$$V_u = \frac{139,8kn}{m^2} * (4,31m) / 2 = \frac{301,26 kn}{m}$$

7.2.2.4. Dimensionamiento de las secciones de hormigón

7.2.2.4.1. Recubrimiento mínimo

Según *CIRSOC 201– Tabla 7.7.1*: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón colocado en la base de las fundaciones, en contacto horizontal con el suelo

$$r_{min} = 50mm = 5cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 50mm = 65mm = 6,5 cm$$

$$r = 650mm = 6,5cm$$

7.2.2.5 Dimensionamiento de las armaduras

7.2.2.5.1 Armadura principal

a. Armadura principal necesaria

- Factor de reducción de resistencia

Según *CIRSOC 201 – 9.3.2* el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con

una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

- Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio
Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según CIRSOC 201 – 10.2.7.3 $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según CIRSOC 201 – 10.2.2.1 $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30 \text{ MPa} = 25,5 \text{ MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Según CIRSOC 201 – EJEMPLOS DE APLICACIÓN

$$\rightarrow k_{min} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5 \text{ MPa}} = 0,055$$

- Separación máxima de la armadura principal
Según CIRSOC 201 – 7.6.5, para losas, la separación de la armadura principal por flexión (s_{lmax}) debe ser:

$$s_l \leq 2,5 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 2,5 * 130 \text{ cm} = 325 \text{ cm}$$

$$s_l \leq 25 \text{ db de la barra o alambre de menor diámetro} = 25 * 1 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$s_l \leq 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$

$$s_{lmax} = 25 \text{ cm}$$

db: Menor diámetro de la barra o alambre, suponemos como diámetro de armadura de repartición = 1cm.

h: Espesor o altura total de la losa = 1,3m

- Altura útil
Suponemos mayor diámetro de barra adoptado db=16mm. Se adopta un espesor de h= 130cm.

$$d = h - r - \frac{db}{2} = 130 \text{ cm} - 6,5 \text{ cm} - \frac{1,6 \text{ cm}}{2} + 1,6 \text{ cm} = 124,3 \text{ cm}$$

- Dimensionamiento armadura principal

- Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

M_d : Resistencia o momento de diseño de la sección.

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección.

M_u : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$M_u = 324,6 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{324,6 \frac{KNm}{m}}{0,9} = 360,68 \frac{KNm}{m}$$

- Armadura necesaria

$$mn = \frac{M_n}{f * c * bw * d^2} = \frac{360,68 \frac{KNm}{m}}{25500 \frac{KN}{m^2} * 1m * (1,227m)^2} = 0,009$$

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección

$f * c$: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

bw : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,009} = 0,008 < k_{amin} = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < k_{cmax} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión $A's=0$

$$A_{snec} = \frac{ka * f * c * bw * d}{f_y} = \frac{0,055 * 25,5MPa * 100cm * 122,7cm}{420 MPa} = 41,5 \frac{cm^2}{m}$$

A_{snec} : Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y : Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

- Verificación de la suposición de sección controlada por tracción
La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero mas traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción = $\epsilon_{cu} = 3\%$.

- Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal $\phi 25\text{mm}$ cada 10cm:

$$A_s \text{ adop} = 49 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_s \text{ nec} = 41,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 10 \text{ cm} = s_{\text{secmax}} = 25\text{cm} \rightarrow BC$$

7.2.2.7.2 Armadura secundaria

Según *CIRSOC 201* – 7.12.2.1, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

- Armadura secundaria necesaria

- Sección necesaria

Según *CIRSOC 201* – Tabla 7.12.2.1: “Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

- (a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso

→Cuantia minima: $\rho = 0,0018$

$$A_s \text{ sec sec nec} = \rho (h b) = 0,0018 * 130 * 100\text{cm} = 23,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Separación máxima

Según *CIRSOC 201* – 7.12.2.2, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{\text{sec}} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 130\text{cm} = 390\text{cm}$$

$$s_{\text{sec}} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{\text{sec max}} = 30\text{cm}$$

- Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 20\text{mm}$ cada 10cm en ambas caras:

$$A_s \text{ adop} = 31,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_s \text{ nec} = 23,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 10\text{cm} < s_{\text{secmax}} = 30 \rightarrow BC$$

c. Verificación al corte

Se debe cumplir: $\phi V_n \geq V_u$ Según *CIRSOC 201– 11.1.1*

ϕ : Factor de reducción de resistencia. Para corte en combinaciones que no incluyan sismo, según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*:

$$\phi = 0,75$$

V_u : Esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada:

$$V_u = 301,6 \text{ KN} * 1000 \frac{\text{N}}{\text{KN}} = 301000 \text{ N}$$

V_n : Resistencia nominal a la corte determinada con la siguiente expresión

$$V_n = V_c + V_s$$

V_c : Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, N. Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$$

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario:

$$b_w = 1 \text{ m}$$

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa (altura útil), en mm.

$\sqrt{f'c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3 \text{ MPa}$. Para hormigón armado (H-30):

$$\sqrt{f'c} = \sqrt{30 \text{ MPa}} = 5,48 \text{ MPa} < 8,3 \text{ MPa}$$

V_s : Resistencia nominal a la corte proporcionada por la armadura de corte, N.

Si no poseemos armadura de corte, entonces:

$$V_n = V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$$

Como debe cumplirse que:

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \geq V_u$$

$$V_n = V_c = 0,75 * \frac{1}{6} * 5,48 \text{Mpa} * 1000 \text{mm} * 1300 \text{mm} = 890500 \text{N} \gg V_u$$

Por lo que no se requiere armadura por corte.

7.2.3. DIMENSIONADO SEGÚN EJE TRANSVERSAL AL PUENTE DEBIDO A LAS CARGAS DE CONTRAFUERTE Y PANTALLA INFERIOR

7.2.3.1 Análisis de carga

Se considera simplemente apoyado entre los pilotes de las filas, y dada la ubicación de las cargas y de la fila 1 de pilotes, es aceptable considerar que se transmite directamente a los pilotes que se encuentran por debajo de los contrafuertes y la pantalla inferior.

$$\begin{aligned} \text{Reaccion Contrafuerte}(P_u) &= 732,9 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \\ \text{ppio pantalla inferior}(q_u) &= 1,2 * 0,25 \text{m} * 2 \text{m} * \frac{25 \text{kn}}{\text{m}^3} = \frac{15 \text{ kn}}{\text{m}} \end{aligned}$$

7.2.3.2. Solicitaciones

$$M_u = \frac{732,9 \text{kn}}{\text{m}} * \frac{(4,31 \text{m})^2}{4} + \frac{15 \text{kn}}{\text{m}} * \frac{(4,31 \text{m})^2}{8} = 824,52 \text{KNm}$$

7.2.3.3. Dimensionamiento de las armaduras

7.2.3.3.1 Armadura principal

a. Armadura principal necesaria

• Factor de reducción de resistencia

Según CIRSOC 201 – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\epsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \epsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

• Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Segun CIRSOC 201 – 10.2.7.3 $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Segun CIRSOC 201 – 10.2.2.1 $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30 \text{MPa} = 25,5 \text{MPa} = 25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Segun CIRSOC 201 – EJEMPLO DE APLICACION

$$\rightarrow k_{amin} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5 \text{MPa}} = 0,055$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

a. Dimensionamiento

- Momento nominal

Segun *CIRSOC 201 – 9.1.1* se debe verificar:

$$Md = \phi Mn \geq Mu$$

Md: Resistencia o momento de diseño de la sección.

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección.

Mu: Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 824,52 \text{ KNm}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$
$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{824,52 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 916,14 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}$$

Como la rigidez que presenta la pantalla inferior se considera como element portante, como viga de gran altura con $h=3,30\text{m}$

$h/l = 3,30\text{m}/4,31\text{m} = 0,76 > 0,3 \rightarrow$ Viga de Gran Altura

- Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{z * fy} = \frac{916,14 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{2,21\text{m} * 420\text{MPa}} = 9,86 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

Z: brazo elástico en el tramo

Según Cuaderno n°240 de la DIN 1045:

$$z = 0,3 * h * \left(3 - \frac{h}{l}\right) = 0,3 * 3,3\text{m} * (3 - 0,76) = 2,21\text{m}$$

- Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal $\phi 25\text{mm}$ cada 20cm:

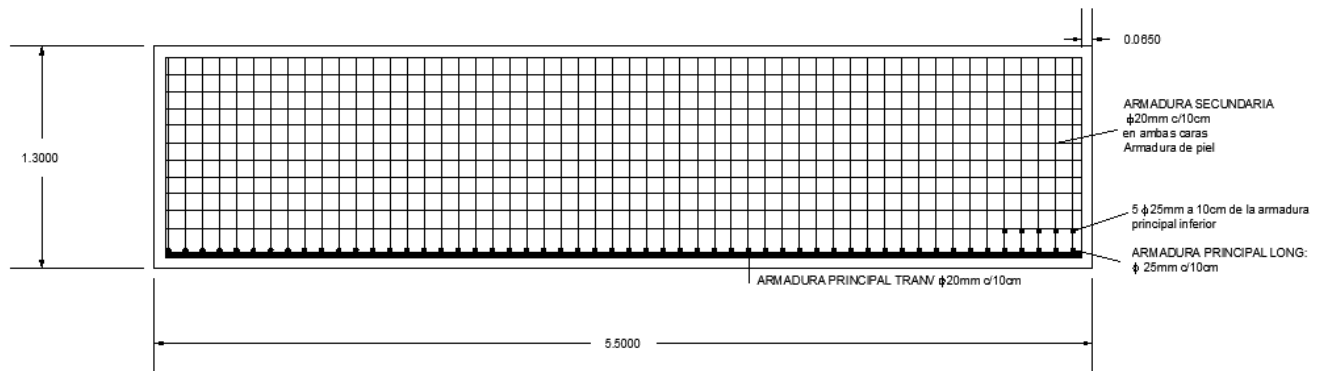
$$As_{adop} = 10.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > As_{nec} = 9,86 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

7.2.3. ESQUEMA



7.3. PILOTES

7.3.1. ANALISIS DE CARGAS

7.3.1.1 Cargas horizontales

7.3.1.1.1. Empuje de suelo

Se considera el mismo método, coeficiente de presión lateral de las tierras en reposo y peso específico del suelo de relleno

$$H1 = \left[\frac{1}{2} H^2 \gamma_{sat} K_0 \right] l_i = \frac{1}{2} * (5m)^2 * \frac{18kn}{m^3} * 0.75 * (36 - 2 * 0,3 - 16 * 0,3) = 5163KN$$

7.3.1.1.2. Reacción horizontal de viga principal

$$H2 = n^v RHVP = 16 * 31,05KN = 496,8KN$$

7.3.1.2. Cargas verticales

7.3.1.2.1. Reacción de losa de aproximación

- Cargas permanentes

La reacción de la losa de aproximación para cargas permanentes:

$$RLAD = 36,5KN/M$$

$$RLAD = \frac{36,5KN}{M} * 36M = 1314 KN$$

- Sobrecargas accidentales

La reacción de la losa de aproximación para sobrecargas accidentales sin impacto:

$$RLAL = 30,4 KN$$

$$RLAL = \frac{30,4KN}{M} * 36M = 1094,4KN$$

7.3.1.2.2. Reacción vertical de viga principal

- Cargas permanentes

La reacción vertical de la viga principal para cargas permanentes:

$$RVPD = 188,24 KN$$

$$RVPD = \frac{188,24KN}{M} * 16 = 3011,84KN$$

- Sobrecargas accidentales

La reacción vertical de la viga principal para sobrecargas accidentales sin impacto:

$$RVPL = 180 KN$$

$$RVPD = 180KN * 16 = 2880 KN$$

7.3.1.2.3. Peso propio del estribo

- a. Peso propio pantalla superior

$$Wps = 1m * 0,20m * \frac{25kn}{m^3} * (36 - 0,25m * 2) = 177,5 KN$$

- b. Peso propio pantalla inferior

$$Wpi = 0,25m * 2m * \frac{25kn}{m^3} * (36m - 0,25m * 2) = 443,75 KN$$

- c. Peso propio muro de alas

$$Wma = 2 * 0,25m * 3,7m * 4,25m * 25kn/m^3 = 196,56 KN$$

- d. Peso propio contrafuerte

$$Wcf = 16 * 0,3m * 1,25m * 2,5m * 25kn/m^3 = 375 KN$$

- e. Peso propio pantalla apoyo viga principal

$$Wcv = 0,5m * 1,25m * \frac{25kn}{m^3} * (36 - 2 * 0,25m) = 554,68 KN$$

- f. Peso propio Contrafuerte posterior

$$Wcfp = 2 * 3,5m * 0,55m * 0,3m * 25kn/m^3 = 28,87 KN$$

- g. Peso propio cabezal

$$Wcab = 1,3m * 2,5m * \frac{25kn}{m^3} * 36m = 2925 KN$$

7.3.1.2.4. Peso del suelo

$$peso\ suelo\ bajo\ cabezal\ viga(W2s) = 1m * 2m * (36m - 2 * 0,25 - 16 * 0,3m) * \frac{18kn}{m^3} = 1105 KN$$

$$peso\ suelo\ bajo\ LA(W1s) = 4,25m(36m - 2 * 0,3m) * 3,5m * \frac{18kn}{m^3} = 9478,3 KN$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

7.3.2. SOLICITACIONES

7.3.2.1. Esfuerzos normales por cargas verticales

$$\frac{PD}{v} = 1314kn + 3011,84kn + 177,5kn + 443,75kn + 196,56kn + 375kn \\ + 554,68kn + 28,87kn + 2925kn = 19610,765 KN$$

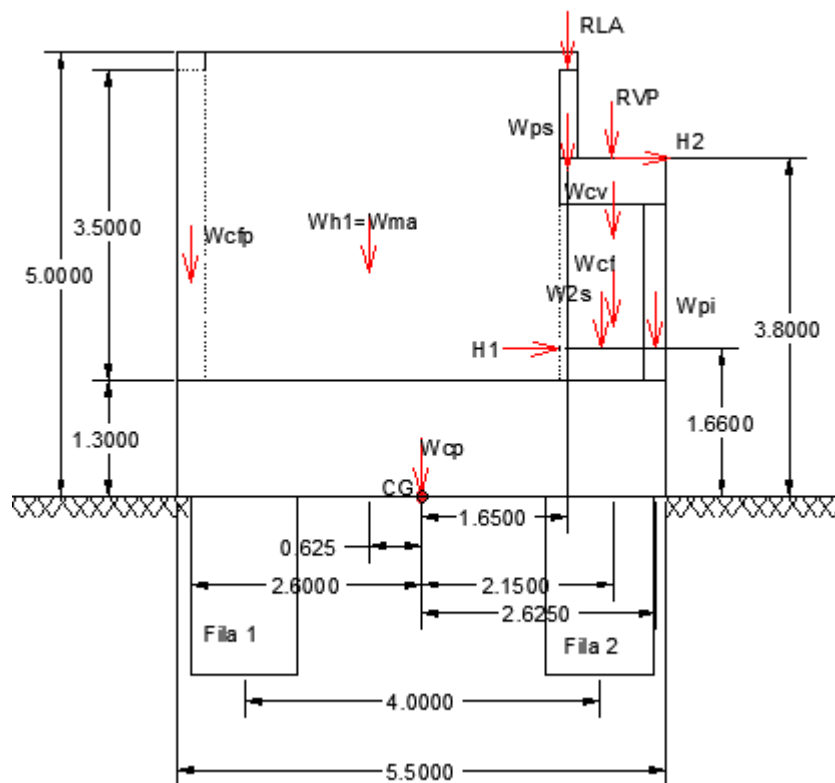
$$\frac{PL}{v} = 1094,4KN + 2880KN = 3974,4 KN$$

$$\frac{PH}{v} = 5163,75 KN + 496,8KN = 5660,55 KN$$

7.3.2.2. Esfuerzos normales por momentos

- Excentricidades

Excentricidades desde los puntos de aplicación de las fuerzas hasta el baricentro de la base G



$$dVPv = dWcv = 2,15m \quad dW2S = 2m \quad dH2 = 3,8m$$

$$dWps = dRLA = 1,625m \quad dWpi = 2,625m$$

$$dW1s = dWma = 0,625m \quad dH1 = 1,66m$$

$$dWcab = 0m \quad dWc1p = 2,6m \quad dWc1f = 2,16m \quad dV1h = 3,8m$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

- Momentos

Momento por cargas permanentes

$$MD = RVPD * dVP + RDLA * dRLA + Wpi * dWpi + Wps * dWps + Wcf * dWcf + Wcv * dWcv - Wcfp * dWcf - Wma * dWma$$

$$MD = 3011kn * 2,25m + 1314kn * 1,625m + 443,75kn * 2,625m + 177,5kn * 1,625m + 375kn * 2,16m + 554,7kn * 2,25m - 375kn * 2,6m - 196,5kn * 0,625m = 12212,16knm$$

Momento por cargas horizontales y de suelo

$$MH = H1 * dH1 + W2s * dW2s - W1s * dW1s$$

$$MH = 5163,75kn * 1,66m + 1105,2kn * 2m - 9478,3 * 0,625m = 4858,1knm$$

Momento por cargas vivas

$$ML = RLLA * dRLA + RVPL * dV1v$$

$$ML = 2880kn * 1,625m + 2880kn * 2,25m = 8258,4KN$$

Momento por reacción horizontal

$$MRH = RVP * dV1h = 496,8KN * 3,8m = 1887,8KN$$

7.3.2.3. Esfuerzos normales

Teniendo en cuenta la separación de los pilotes en la dirección longitudinal de las vigas principales de 4m (brazo de palanca del momento actuante) los esfuerzos normales generados en los pilotes son los siguientes:

$$PD/m=3053 \text{ kn}$$

$$PL/m=1214,56kn$$

$$PH/m=2064,6kn$$

$$PRH/m=471,96$$

7.3.3. VERIFICACION DE LA CARGA ADMISIBLE POR PILOTE

7.3.3.1. Carga total por pilote

Los esfuerzos totales por pilotes son los siguientes, considerando los sentidos de los esfuerzos generados por los momentos en cada fila

La carga total por pilote que pertenece a la fila 1

$$P \text{ Fila 1} = \frac{19610,7kn + 3794kn + 5660,55kn}{18} - \frac{3053kn + 1214,5kn + 2064,6 + 471,9}{9} = 868,74 \text{ KN}$$

La carga total por pilote que pertenece a la fila 2

$$P \text{ Fila 1} = \frac{19610,7kn + 3794kn + 5660,55kn}{18} + \frac{3053kn + 1214,5kn + 2064,6 + 471,9}{9} = 2380 \text{ KN}$$

7.3.3.2. Carga admisible por pilote

Teniendo en cuenta los valores determinados por el estudio de suelo, se calcula la carga admisible por pilote

FUNDACIÓN INDIRECTA			
ESFUERZO	TENSIÓN ADMISIBLE t / m²	PROFUNDIDAD m	COTA
Tensión Lateral (T)	-	0,00 a 8,00	47,00 a 39,00
	1,70	8,00 a 17,00	39,00 a 30,00
	2,00	17,00 a 23,00	30,00 a 24,00
Tensión de Punta (σ)	280,00	23,00	24,00

TABLA. VI.7.1: Valores de las Resistencias – FUENTE: Estudio de suelo, Gauto Ingeniería

$$P_{adm} = q_{adm} * \pi * \frac{(Dp)^2}{4} + q_{ladm} * Lp * \pi * Dp - \gamma H^o A^o * Lp * \pi * \frac{Dp^2}{4}$$

Capacidad admisible del pilote por punta: $280tn/m^2 + \pi * \frac{(1.2m)^2}{4} = 316,15tn$

Capacidad Admisible del pilote por fuste: $\pi * 1,2m * 9m * \frac{1,7tn}{m^2} + \pi * 1,2m * 6m * \frac{2tn}{m^2} = 102,86tn$

Descuento por peso propio del pilote: $25kn/m^3 * 15m * \pi * \frac{1,2m}{4} = 42,39tn$

$$P_{adm} = 316,15tn + 102,86tn - 42,39tn = 376,9tn = 3769k > 2380kn$$

7.3.4. RESISTENCIA REQUERIDA

7.3.4.1. Carga actuante máxima por pilote

$$PD = 19610KN/18 + 3053KN/9 = 1428KN$$

$$PL = 3974KN/18 + 8258KN/9 = 1099KN$$

$$PH = 5660KN/18 + 2064KN/9 = 336KN$$

$$PRH = 471KN/9 = 52,44KN$$

7.3.4.2 Resistencia requerida por pilote

Según CIRSOC 201 – 9.2, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D), sobrecargas (L), cargas debida a la presión lateral de los suelos (H) y cargas por efectos provenientes de contracción o expansión resultante de las variaciones de temperatura (T), la resistencia requerida es igual a:

$$\begin{aligned} Pu &= 1,2 * (PD + PRH) + 1,6 * (PL + PH) \\ &= 1,2 * (1428KN + 52,44KN) + 1,6 * (1099KN + 336KN) = 4075,41KN \end{aligned}$$

7.3.5. DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGON

7.3.5.1. Dimensionamiento de las secciones de hormigón

7.3.5.1.1. Recubrimiento mínimo

Según *CIRSOC 201*– Tabla 7.7.1: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $d_b \leq 16\text{mm}$

$$r_{min} = 30\text{mm} = 3\text{cm}$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{A3min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30\text{mm} = 39\text{mm} = 3,9\text{cm}$$

$$r = 400\text{mm} = 4\text{cm} > r_{A3min} = 3,9\text{cm}$$

7.3.5.1.2. Diámetro de columnas zunchadas

Según *CIRSOC 201* – 10.8, se debe verificar que el diámetro de una columna armada con zunchos en espiral debe ser mayor que 30cm:

$$D_p = 1,2\text{m} = 120\text{cm} > 30\text{cm} \rightarrow BC$$

7.3.5.1.3. Sección de hormigón adoptada

$$A_g = \frac{\pi (D_p)^2}{4} = \pi * \frac{(1,2\text{m})^2}{4} = 1,13\text{m}^2 = 11309,7\text{cm}^2$$

7.3.6. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

7.3.6.1. Armadura longitudinal

Se dimensionan las armaduras de los pilotes como columna corta sin pandeo, ya que se encuentra totalmente arriostrada por el suelo.

7.3.6.1.1. Sección necesaria

a. Factor de reducción de resistencia: ϕ

Según *CIRSOC 201* – 9.3.2.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ), para columnas zunchadas:

$$\phi = 0,7$$

b. Esfuerzo de corte nominal

Según *CIRSOC 201* – 10.3.6.1, para columnas zunchadas:

$$P_n > \frac{P_u}{(0,85 * \phi)} = \frac{4075,41\text{kn}}{0,85 * 0,7} = 6849,43\text{kn}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

c. Sección de armadura necesaria

Según *CIRSOC 201 – 10.3.6.1*, la sección de armadura necesaria es:

$$A_{st} = \frac{P_n - 0,85 * f'c * A_g}{f_y - 0,85 * f'c} = \frac{6849,43kn - 0,85 * 30Mpa * 1,13m^2}{420Mpa - 0,85 * 30Mpa} = 0m^2$$

d. Sección de armadura mínima y máxima

Según *CIRSOC 201 – 10.9.1*, $\rho_{min} = 0,01$ y $\rho_{max} = 0,08$.

$$A_{smin} = \rho_{min} A_g = 0,01 * (11309,7cm^2) = 113,1cm^2$$

$$A_{smax} = \rho_{max} A_g = 0,08 * (11309,73cm^2) = 904,78cm^2$$

Según *CIRSOC 201 – 10.8*, el diámetro mínimo a utilizar en armaduras longitudinales es 12mm.

Según *CIRSOC 201 – 10.9.2*, para columnas zunchadas el número mínimo de barras a utilizar es de 6.

e. Sección adoptada

Se adopta como armadura longitudinal 24 $\phi 25mm$

$$A_{s adop} = 24 * 4,91cm^2 = 117,8 cm^2$$

7.3.6.2. Zunchos

7.3.6.2.1. Sección necesaria

a. Diámetro mínimo

Según *CIRSOC 201 – 10.8* y *7.10.4.2*, el diámetro mínimo de los zunchos es 10mm.

b. Separación entre espiras de zunchos

Según *CIRSOC 201 – 7.10.4.3*, el paso libre “s” entre espiras de zuncho debe cumplir las siguientes condiciones

$$s \leq 80mm = 8cm$$

$$s \geq 25mm = 2,5cm$$

$$s \geq 1,33TMN = 1,33 * 1,9cm = 2,53cm$$

$$s_{max} = 8cm$$

$$s_{min} = 2,5cm$$

7.3.6.2.2. Sección adoptada

a. Verificación

Según *CIRSOC 201 – 10.9.3*, el zunchado debe verificar:

$$\rho_s \geq 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'c}{f_{yt}}$$

$$\rho_s = \frac{4 A_{sp}}{s h_c} = \frac{4 * 0,79cm^2}{5cm * 112cm} 5,64 \times 10^{-3} \geq 0,45 \left(\frac{11309,73cm^2}{9852cm^2} - 1 \right) \frac{30mpa}{420mpa} = 4,76 \times 10^{-3} \rightarrow BC$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ps: Relación entre el volumen de armadura del zuncho y el volumen total del núcleo (medido desde el diámetro exterior del zuncho).

Asp: Área de la espira del zuncho.

s: Separación o paso del zunchado (medido al eje de las espiras)

Ag: Área total o bruta de la sección de hormigón.

Ach: Área del núcleo zunchado tomando como diámetro el diámetro exterior del zuncho.

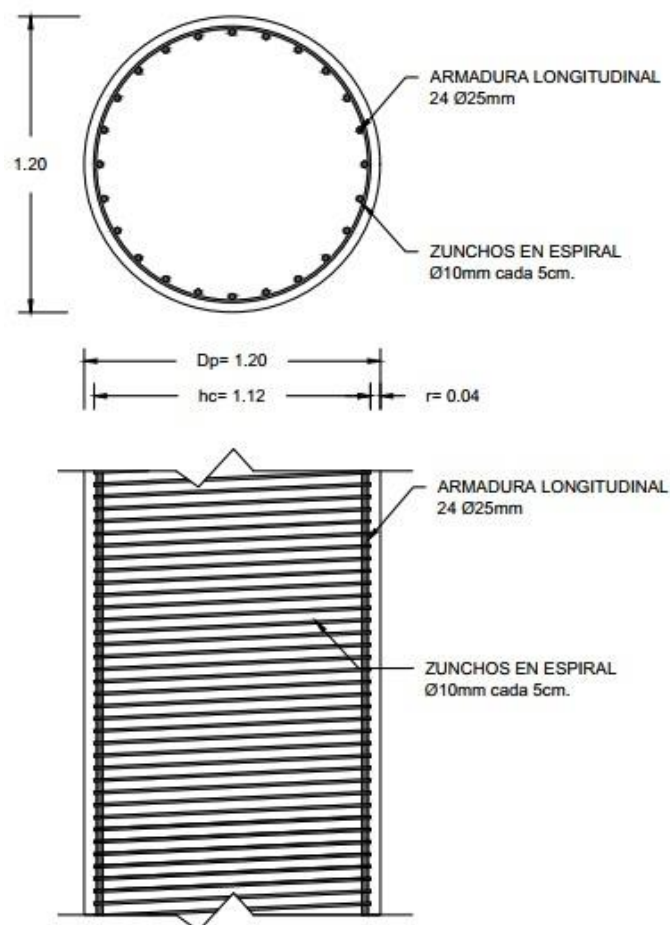
$$Ach = \frac{\pi hc^2}{4} = \frac{\pi 112cm^2}{4} = 9852cm^2$$

hc: Diámetro exterior del zuncho.

$$hc = Dp - 2r = 1,20m - 2 * (0,04) = 1,12m$$

fyt: Tensión de fluencia especificada para la armadura transversal. Para valores de $fyt > 420MPa$ no se debe utilizar empalmes por yuxtaposición.

7.3.7. ESQUEMA DE ARMADURAS



7.4. CABEZALES INTERMEDIOS

Las vigas principales de cada tramo, apoyan sobre una viga transversal, que a su vez descarga en 9 pilotes-pila, de 1,2m de diámetro, separados entre si 4,21m, perpendicularmente al eje longitudinal del puente.

7.4.1. ANALISIS DE CARGA

Se considera al cabezal como una viga continua apoyada sobre las pilas, que estará sometida a una carga distribuida generada por el peso propio del mismo y las descargas de las vigas principales

7.4.1.1 Descarga de vigas principales(N)

Realizaremos un análisis, considerando un esquema de cargas longitudinales de las vigas, en las cuales se supondrá un tramo del mismo con multitud compacta y apladora junto al apoyo y el otro tramo con multitud compacta y aplanadora en L/2

- Considerando el peso propio de la viga principal

$$PD = 2 * \left(\frac{13,125KN}{m} \right) * \frac{14,5m}{2} = 456,75KN$$

- Considerando la sobrecarga de la viga principal

$$PL = 2 * \left(\frac{31,5KN}{m} \right) * \frac{14,5m}{2} + 50kn + 34kn * \frac{14,5m - 3m}{14,5m} + \frac{50KN + 34KN}{2} = 309,27KN$$

$$N = PD + PL = 456,75KN + 309,27KN = 766KN$$

- Peso propio del cabezal de pilas

$$q = 1m * 1 * 25kn/m^3 = 25KN /m$$

7.4.1.2 Resistencia requerida

Según *CIRSOC 201 - 9.2*, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D), y sobrecargas (L), la resistencia requerida es igual a:

$$NU = 1,2 PD + 1,6 PL = 1,2 * 456,75KN + 1,6 * 309,27KN = 1042,94KN$$

$$qu = 1,2 * 1m * 1 * 25kn/m^3 = 30KN /m$$

$$r_{min} = 30mm = 3cm$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{Q1min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30mm = 39mm = 3,9 cm$$

$$r = 400mm = 4 cm$$

7.4.5 DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

7.4.5.1 Armadura principal

a. Armadura principal necesaria

- Factor de reducción de resistencia

Según CIRSOC 201 – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por tracción $\rightarrow \phi = 0,9$

- Diagrama tensión-deformación de la sección en estado de servicio

Para f'_c : Resistencia especificada a la compresión del hormigón, para hormigón armado (H-30) = 30 MPa

Según CIRSOC 201 – 10.2.7.3 $\rightarrow \beta_1 = 0,85$

Según CIRSOC 201 – 10.2.2.1 $\rightarrow$

$$f^*_c = 0,85 f'_c = 0,85 * 30MPa = 25,5MPa = 25500 \frac{KN}{m^2}$$

Según CIRSOC 201 – EJEMPLO DE APLICACIÓN

$$\rightarrow k_{amin} = \frac{1,4}{f^*_c} = \frac{1,4}{25,5MPa} = 0,055$$

b. Altura útil

Suponemos mayor diámetro de barra adoptado $d_b=16mm$. Se adopta un espesor de $h=100cm$.

$$d = h - r - \frac{d_b}{2} = 100cm - 4cm - \frac{1,6cm}{2} = 95,2cm$$

c. Dimensionamiento armadura superior

- Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

M_d : Resistencia o momento de diseño de la sección.

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Mu: Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$Mu = 821,2 \text{ KNm/m}$$

Ø: Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{821,2 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 913,11 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}$$

- Armadura necesaria

$$mn = \frac{Mn}{f * c * bw * d^2} = \frac{913,11 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 1\text{m} * (0,952\text{m})^2} = 0,039$$

Mn: Resistencia o momento nominal de la sección

f*c: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

bw: Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d: Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$ka = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,039} = 0,040 < kamin = 0,055$$

$$ka = 0,055$$

$$kc = \frac{ka}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < kmax = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión A's=0

$$Asnec = \frac{ka * f * c * bw * d}{fy} = \frac{0,055 * 25,5\text{MPa} * 100\text{cm} * 95,2\text{cm}}{420\text{MPa}} = 31,79 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Asnec: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

- Verificación de la suposición de sección controlada por tracción

La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d - c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d - c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1 - kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1 - 0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

et: Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción = $\epsilon_{cu} = 3\%$.

- Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura principal $\phi 25\text{mm}$ cada 15cm :

$$A_{s\text{ adop}} = 32,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s\text{ nec}} = 31,79 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

d. Dimensionamiento armadura inferior

- Momento nominal

Según CIRSOC 201 – 9.1.1 se debe verificar:

$$M_d = \phi M_n \geq M_u$$

M_d : Resistencia o momento de diseño de la sección.

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección.

M_u : Resistencia o momento requerido para resistir las cargas mayoradas en el tramo.

$$M_u = 721 \text{ KNm/m}$$

ϕ : Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura

$$\phi = 0,9$$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{721 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{0,9} = 801,33 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}$$

- Armadura necesaria

$$mn = \frac{M_n}{f * c * b_w * d^2} = \frac{801,33 \frac{\text{KNm}}{\text{m}}}{25500 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 1\text{m} * (0,952\text{m})^2} = 0,034$$

M_n : Resistencia o momento nominal de la sección

$f * c$: Tensión de compresión en el hormigón uniformemente distribuida en la zona de compresión equivalente = 25.500 kN/m²

b_w : Ancho del alma de un elemento con alas, o diámetro de una sección circular, en mm. Para una losa, considerada una viga de ancho unitario = 1m

d : Distancia desde la fibra comprimida extrema hasta el baricentro de la armadura longitudinal traccionada, no tesa

$$k_a = 1 - \sqrt{1 - 2 * mn} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,034} = 0,035 < k_{a\text{ min}} = 0,055$$

$$k_a = 0,055$$

$$k_c = \frac{k_a}{\beta_1} = \frac{0,055}{0,85} = 0,065 < k_{c\text{ max}} = 0,375$$

→ No se requiere armadura de compresión $A'_s = 0$

$$A_{s\text{ nec}} = \frac{k_a * f * c * b_w * d}{f_y} = \frac{0,055 * 25,5\text{MPa} * 100\text{cm} * 95,2\text{cm}}{420\text{MPa}} = 31,79 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$A_{s\text{ nec}}$: Área de armadura longitudinal traccionada, no tesa, en mm²

f_y : Tensión de fluencia especificada para la armadura longitudinal no tesa, en MPa.

- Verificación de la suposición de sección controlada por tracción
La deformación específica del hormigón en la fibra extrema comprimida por semejanza de triángulos:

$$\frac{\epsilon}{d-c} = \frac{(\epsilon_c + \epsilon_t)}{d} \rightarrow \epsilon_t = \epsilon_c \frac{(d-c)}{c} = \epsilon_c \frac{(1-kc)}{kc} = 3\text{‰} \frac{(1-0,065)}{0,065} = 43,15\text{‰} > \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$$

Se verifica.

ϵ_t : Deformación específica neta de tracción en el acero más traccionado para la resistencia nominal, excluyendo las deformaciones debidas a la tensión efectiva del pretensado, la fluencia lenta, la contracción y las variaciones de temperatura. Por la suposición de sección controlada por tracción $\geq \epsilon_{tu} = 5\text{‰}$.

ϵ_c : Deformación específica del hormigón para la resistencia nominal en la fibra comprimida extrema. Por la suposición de sección controlada por tracción $= \epsilon_{cu} = 3\text{‰}$.

- Armadura principal adoptada
Se adopta como armadura principal $\phi 25\text{mm}$ cada 15cm:

$$A_{s \text{ adop}} = 32,66 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s \text{ nec}} = 31,79 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

7.4.5.2 Armadura secundaria

Según CIRSOC 201 – 7.12.2.1, las losas donde la armadura de flexión está dispuesta en una sola dirección, se debe colocar armadura en dirección perpendicular a ella para resistir los esfuerzos debidos a la contracción y a la temperatura.

a. Armadura secundaria necesaria

- Sección necesaria

Según CIRSOC 201 – Tabla 7.12.2.1: “Cuantía mínima ($\rho = A_s / bh$) totales para la armadura de contracción y temperatura”:

(a) En losas donde se utilicen barras conformadas con ADN 420, ADN 420S ó mallas soldadas de alambre liso $\rightarrow$ Cuantía mínima: $\rho = 0,001$

$$A_{s \text{ sec nec}} = \rho (h b) = 0,0018 * 100 * 150\text{cm} = 27 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Separación máxima

Según CIRSOC 201 – 7.12.2.2, la separación máxima de la armadura de contracción y temperatura debe ser:

$$s_{\text{sec}} \leq 3 \text{ veces el espesor de la losa } (h) = 3 * 130\text{cm} = 390\text{cm}$$

$$s_{\text{sec}} \leq 300\text{mm} = 30\text{cm}$$

$$s_{\text{sec max}} = 30\text{cm}$$

- Armadura secundaria adoptada

Se adopta como armadura secundaria $\phi 20\text{mm}$ cada 10cm en ambas caras:

$$A_{s \text{ adop}} = 31,4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > A_{s \text{ nec}} = 27 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$s = 10\text{cm} < s_{\text{sec max}} = 30 \rightarrow BC$$

7.4.5.3 Estribos verticales – Cortes

a. Armadura de corte necesaria

- Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón

Para elementos sometidos únicamente a flexión y corte, según expresiones simplificadas, *CIRSOC 201 – 11.3.1.1*:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{1}{6} * \sqrt{30 \text{ MPa}} 1200 \text{ mm} * 952 \text{ mm} = 1042,8 \text{ KN}$$

$\sqrt{f'_c}$: Raíz cuadrada de la resistencia especificada a la compresión del hormigón, en MPa. Debe ser $\leq 8,3 \text{ MPa}$.

$$\sqrt{f'_c} = \sqrt{30 \text{ MPa}} = 5,48 \text{ MPa} < 8,3 \text{ MPa}$$

- Separación límite de estribos

Según *CIRSOC 201 – 11.5.5.1*, la separación límite (s_{max}) de la armadura de corte ubicada en forma perpendicular al eje del elemento debe ser:

$$s \leq \frac{d}{2} = \frac{95,2 \text{ cm}}{2} = 47,6 \text{ cm}$$

$$s \leq 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$$

$$s_{max} = 40 \text{ cm}$$

- Armadura mínima de corte

Según *CIRSOC 201 – 11.5.5*

Para $V_u = 1467 \text{ KN} > 0,5 \emptyset V_c = 0,5 * 0,75 * 1042,8 \text{ KN} = 391,05 \text{ KN}$

$$\frac{A_{vmin}}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} \leq 0,33 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{vmin}}{s} = \frac{1}{16} \sqrt{30 \text{ MPa}} \frac{1200 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 0,978 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 9,78 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \leq 0,33 \frac{1200 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 0,951 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} = 9,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\frac{A_{vmin}}{s} = 9,5 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

- Resistencia nominal al corte

$$V_n \geq \frac{V_u}{\emptyset} = \frac{1467 \text{ KN}}{0,75} = 1956 \text{ KN}$$

V_u : Esfuerzo de corte requerido para resistir las cargas mayoradas máximo

$\emptyset$: Factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura. Según *CIRSOC 201 – 9.3.2.3*, para corte y torsión = 0,75

- Estribado necesario

$$V_{s nec} = V_n - V_c = 1956 \text{ KN} - 1042 \text{ KN} = 913,1 \text{ KN}$$

$$\frac{A_{v nec}}{s} = \frac{V_{s nec}}{d f_{yt}} = \frac{913,1 \text{ KN}}{0,952 \text{ m} * 42 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}} = 22,83 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{A_{v min}}{s} = 2,36 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

f_{yt} : Tensión de fluencia especificada de la armadura transversal, no tesa=
 $420\text{MPa} = 42 \text{ KN/cm}^2$

b. Armadura de corte total adoptada

Se adoptan estribos verticales de 6 ramas, $\phi 8\text{mm}$ cada 10cm:

$$\frac{A_{v\text{adop}}}{s} = 6 \left(\frac{0,5\text{cm}^2}{0,10\text{m}} \right) = 30 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} > \frac{A_{v\text{nec}}}{s} = 22,83 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \rightarrow BC$$
$$V_{s\text{adop}} = d f_{yt} \left(\frac{A_{v\text{adop}}}{s} \right) = 0,952\text{m} * 42 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2} * 30 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} = 1199\text{KN}$$

c. Verificaciones

- Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.7.9:

$$V_{s\text{adop}} \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'c} b d$$

$$V_{s\text{adop}} = 1199\text{KN} \leq \frac{2}{3} \sqrt{30\text{MPa}} 1200\text{mm} * 952\text{mm} = 4171 \text{ KN} \rightarrow BC$$

- Se debe verificar, según CIRSOC 201 – 11.5.5.3:

$$V_{s\text{adop}} > \frac{1}{3} \sqrt{f'c} b w d$$

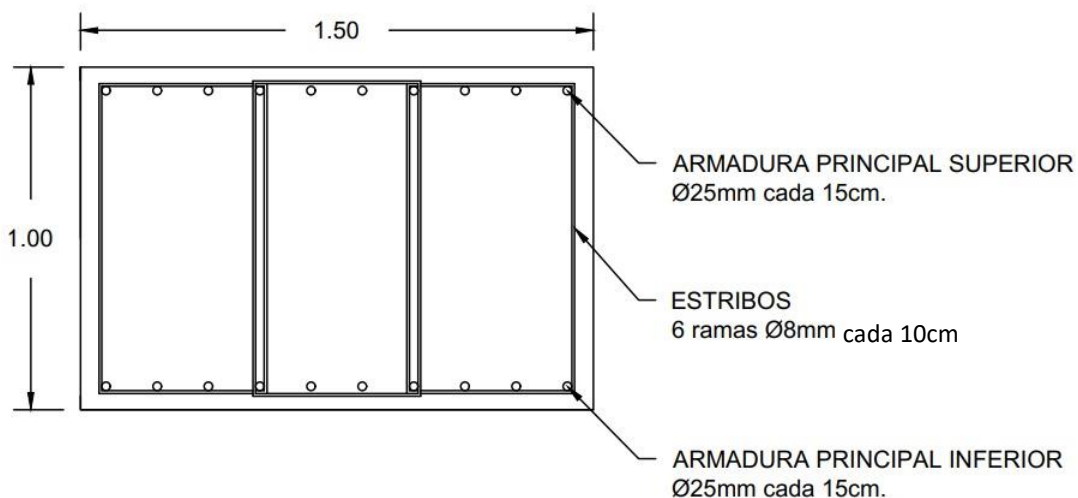
$$V_{s\text{adop}} = 1199\text{KN} < \frac{1}{3} \sqrt{30\text{MPa}} * 1200\text{mm} * 952\text{mm} = 2085,7\text{KN}$$

Las separaciones máximas se deben reducir a la mitad, por lo tanto:

$$s_{\text{max}} = 20\text{cm}$$

$$s = 10 \text{ cm} < s_{\text{max}} = 20\text{cm} \rightarrow BC$$

7.4.6 ESQUEMA RESUMEN



7.5 PILAS INTERMEDIOS

7.5.1 ANALISIS DE CARGA

7.5.1.1 Acción vertical

Los esfuerzos totales para los pilotes pilas, son las reacciones del cabezal, teniendo en cuenta las cargas sin mayorar. Para el dimensionamiento, se consideró el pilote que se encuentra sometido a la mayor reacción:

$$P \text{ pila} = 1672 \text{ KN}$$

7.5.1.2 Acción horizontal

Las pilas estarán sometidas a los efectos del escurrimiento del agua y del viento.

$$\text{Puente Vacio} \rightarrow F_{vv} = \frac{phv * A_{ev}}{n^{\circ} \text{ pilas}} = \frac{250 \frac{kg}{m^2} * 21m^2}{18} = 292kg = 2,92KN$$

$$\text{Puente Cargado} \rightarrow F_{vc} = \frac{phc * A_{ec}}{n^{\circ} \text{ pilas}} = \frac{150 \frac{kg}{m^2} * 51m^2}{18} = 425kg = 4,25KN$$

$$q = 1,375 * V^2 * D = 1,375 \frac{KN * seg^2}{m^4} * \left(0,77 \frac{m}{s}\right)^2 * 1,2m = 0,978 \frac{KN}{m}$$

phv : Presión horizontal para puente vacio.

phc : Presión horizontal para puente cargado.

A_{ev} : Superficie expuesta: proyección vertical de la viga principal extrema y tablero que sobresalga.

A_{ec} : Superficie expuesta: proyección vertical de la viga principal extrema y tablero que sobresalga, más la figura representativa de tránsito (faja continua de 2m).

V : Velocidad de escurrimiento.

D : Diámetro del pilote.

7.5.1.3 Carga admisible por pilote

Teniendo en cuenta los valores determinados por el estudio de suelo, se calcula la carga admisible por pilote, el cual estará contenido por el suelo partir de los 8m, ya que, según el estudio topográfico realizado, esa es la profundidad promedio del cauce. A partir de ahí, se desprecian los primeros tres metros 3m, los cuales contiene suelo con fango, que no contribuye a la resistencia del pilote. Por lo que, se considerara la resistencia por fuste desde los 11m hasta los 23m, con la colaboración de resistencia de los respectivos estratos.

FUNDACIÓN INDIRECTA			
ESFUERZO	TENSIÓN ADMISIBLE t / m ²	PROFUNDIDAD m	COTA
Tensión Lateral (T)	-	0,00 a 8,00	47,00 a 39,00
	1,70	8,00 a 17,00	39,00 a 30,00
	2,00	17,00 a 23,00	30,00 a 24,00
Tensión de Punta (σ)	280,00	23,00	24,00

TABLA VI.7.2: Valores de las Resistencias– FUENTE: Estudio de suelo, Gauto Ingeniería

$$Padm = qadm * \pi * \frac{(Dp)^2}{4} + qladm * Lp * \pi * Dp - \gamma H^{\circ} A^{\circ} * Lp * \pi * \frac{Dp^2}{4}$$

- Capacidad admisible del pilote por punta: $\frac{280tn}{m^2} * \pi * \frac{(1.2m)^2}{4} = 316,15tn$
- Capacidad Admisible del pilote por fuste: $\pi * 1,2m * 6m * \frac{1,7tn}{m^2} + \pi * 1,2m * 6m * \frac{2tn}{m^2} = 83,64 tn$
- Descuento por peso propio del pilote: $25kn/m^3 * 15m * \pi * \frac{1,2m}{4} = 42,39tn$

$$Padm = 316,15tn + 83,64tn - 42,39tn = 356,71tn = 3567,1k > 1672kn$$

7.5.2 SOLICITACIONES

Para el calculo de las solicitaciones se considera a la pila como una ménsula empotrada en una cota IGN de 40m. aproximadamente, ya que como se mencionó anteriormente, en los tres primeros metros el terreno contiene fango, por lo que no aporta a la resistencia de la pila. De esta forma se toma para el cálculo una longitud de 11m.

7.5.2.1 Momento flector

$$M = Fvc * l + q * \frac{l^2}{2} = 4,25KN * 11m + 0,978 \frac{KN}{m} * \frac{(11m)^2}{2} = 105,92KNm$$

7.5.2.2 Esfuerzos de corte

$$V = Fvc + q * l = 4,25KN + 0,978 \frac{KN}{m} * 11m = 15KN$$

7.5.2.3 Esfuerzos normales

$$P = Ppila = 1672KN$$

7.5.3 RESISTENCIA REQUERIDA

Según CIRSOC 201 – 9.2, teniendo en cuenta que solo se disponen de cargas permanentes (D), y las cargas debidas a la presión del viento y del agua, la resistencia requerida es igual a:

$$Mu = 1,6 M = 1,6 * 105,92KNm = 169,47KNm$$

$$Vu = 1,6 V = 1,6 * 15KN = 24KN$$

$$Pu = 1,2 P = 1,2 * 1672KN = 2006,4KN$$

7.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS SECCIONES DE HORMIGON

7.5.4.1 Dimensionamiento de las secciones de hormigón

a. Recubrimiento mínimo

Según *CIRSOC 201*– *Tabla 7.7.1*: “Recubrimientos mínimos para hormigón colocado en obra (no pretensado), para las clases de exposición A1 y A2”:

- Hormigón en contacto vertical con el suelo o expuesto al aire libre
- Para barras y alambres $d_b \leq 16\text{mm}$

$$r_{min} = 30\text{mm} = 3\text{cm}$$

r_{min} : Distancia desde la superficie del hormigón hasta la superficie exterior de la armadura a la que se le aplica el recubrimiento.

La clase de exposición de la estructura es Q1, según esta misma tabla para este caso se debe incrementar 30% el recubrimiento anterior:

$$r_{A3min} = 1,3r_{min} = 1,3 * 30\text{mm} = 39\text{mm} = 3,9\text{cm}$$

$$r = 400\text{mm} = 4\text{cm} > r_{A3min} = 3,9\text{cm}$$

b. Diámetro de columnas zunchadas

Según *CIRSOC 201* – 10.8, se debe verificar que el diámetro de una columna armada con zunchos en espiral debe ser mayor que 30cm:

$$D_p = 1,2\text{m} = 120\text{cm} > 30\text{cm} \rightarrow BC$$

c. Sección de hormigón adoptada

$$A_g = \frac{\pi (D_p)^2}{4} = \pi * \frac{(1,2\text{m})^2}{4} = 1,13\text{m}^2 = 11309,7\text{cm}^2$$

7.5.5 DIMENSIONAMIENTO DE LAS ARMADURAS

7.5.5.1 Armadura longitudinal

a. Armadura necesaria

Las pilas trabajan a flexión compuesta recta, por lo que se utilizará diagramas de interacción para la determinación de las armaduras, disponibles en *Diagrama de interacción - Parte 1 de Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201 (Agosto 2005)”*.

- Factor de reducción de resistencia: ϕ

Según *CIRSOC 201* – 9.3.2 el factor de reducción de resistencia en función del tipo de rotura (ϕ) es para proyectar una sección con una rotura dúctil (precedida por importantes deformaciones y fisuraciones), se parte del supuesto:

$$\varepsilon_c \leq 3\text{‰} \text{ y } \varepsilon = 5\text{‰}$$

Sección controlada por compresion $\rightarrow \phi = 0,7$

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

- Distancia desde la fibra comprimida externa hasta el baricentro de la armadura longitudinal: d'

$$d' = r + \frac{db}{2} = 4cm + \frac{2,5cm}{2} = 5,25cm$$

$$\gamma = \frac{h - 2d'}{h} = \frac{120cm - 2 * 5,25cm}{120cm} = 0,9$$

- Cuantía geométrica necesaria

$$Mu = 0,188MNm$$

$$Pu = 2MN$$

Con esta información, determinamos la cuantía geométrica del diagrama I.11 con $f'_c=30MPa$, $f_y=420MPa$ y $\gamma=0,90$:

DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

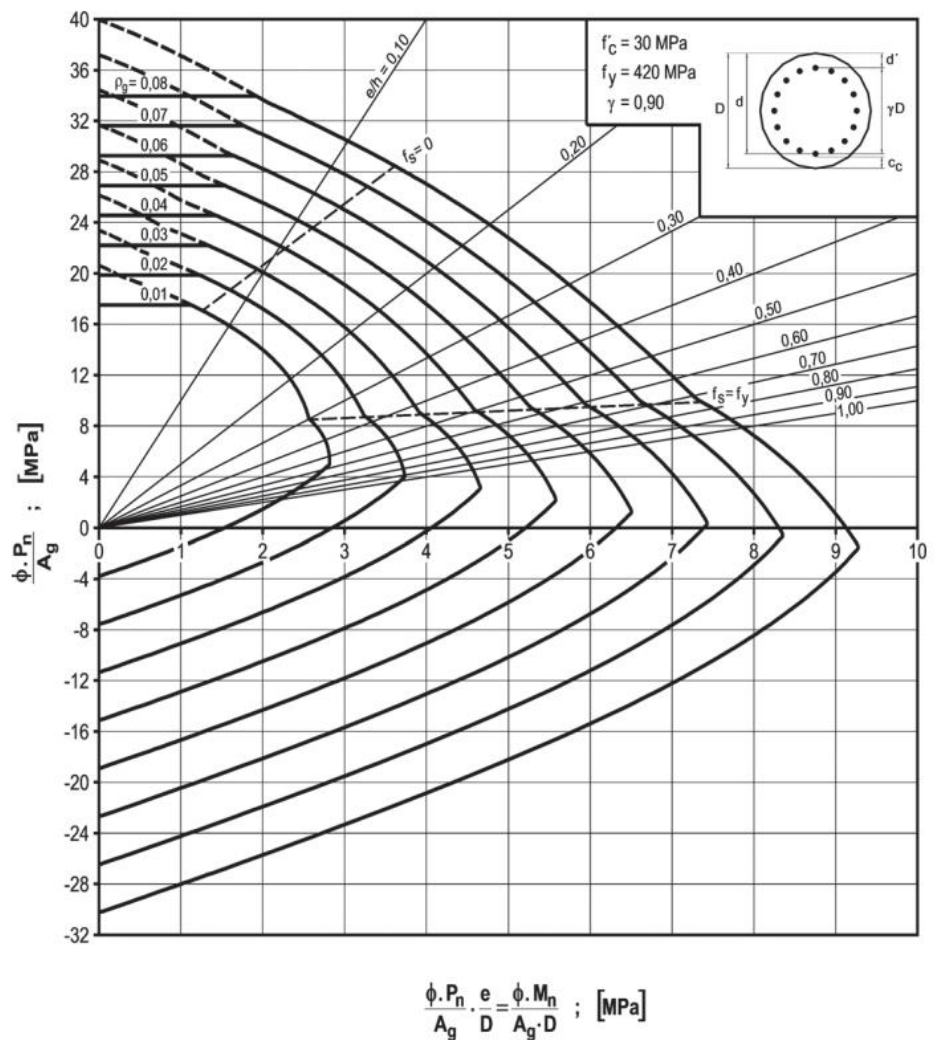


FIG. VI.7.1: Diagrama de interacción – FUENTE: Hernandez Balat, Bissio, Ortega – “Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201 (Agosto 2005)”.

$$\frac{\phi M_u}{A_g D} = \frac{0,7 * 0,188 \frac{KN}{m}}{1,13m^2 * 1,2m} = 0,1$$

$$\frac{\phi P_u}{A_g} = \frac{0,7 * \left(-2 \frac{KN}{m}\right)}{1,13m^2} = -1,2$$

$$\rho = 0,01$$

- Armadura necesaria

$$A_{snec} = \rho A_g = 0,01 * 11309,7cm^2 = 113,1cm^2$$

b. Armadura mínima

- Según *CIRSOC 10.9.2* el número mínimo de barras longitudinales en elementos solicitados a compresión debe ser 6 barras rodeadas por zunchos en espiral.

c. Armadura principal adoptada

Se adopta como armadura longitudinal 24 $\phi 25mm$

$$A_{s adop} = 24 * 4,91cm^2 = 117,8 cm^2 > A_{smin} y < A_{smax}$$

7.5.5.2 Zunchos

a. Sección necesaria

Diámetro mínimo

Según *CIRSOC 201 – 10.8* y *7.10.4.2*, el diámetro mínimo de los zunchos es 10mm.

Separación entre espiras de zunchos

Según *CIRSOC 201 – 7.10.4.3*, el paso libre “s” entre espiras de zuncho debe cumplir las siguientes condiciones

$$s \leq 80mm = 8cm$$

$$s \geq 25mm = 2,5cm$$

$$s \geq 1,33TMN = 1,33 * 1,9cm = 2,53cm$$

$$s_{max} = 8cm$$

$$s_{min} = 2,5cm$$

b. Sección adoptada

Verificación

Según *CIRSOC 201 – 10.9.3*, el zunchado debe verificar:

$$\rho_s = \frac{4 A_{sp}}{s h c} = \frac{4 * 0,79cm^2}{5cm * 112cm} = 5,64 \times 10^{-3} \geq 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} = 0,45 \left(\frac{11309,73cm^2}{9852cm^2} - 1 \right) \frac{30mpa}{420mpa} = 4,76 \times 10^{-3} \rightarrow BC$$

ρ_s : Relación entre el volumen de armadura del zuncho y el volumen total del núcleo (medido desde el diámetro exterior del zuncho).

A_{sp} : Área de la espira del zuncho.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

s: Separación o paso del zunchado (medido al eje de las espiras)

Ag: Área total o bruta de la sección de hormigón.

Ach: Área del núcleo zunchado tomando como diámetro el diámetro exterior del zuncho.

$$Ach = \frac{\pi hc^2}{4} = \frac{\pi 112cm^2}{4} = 9852cm^2$$

hc: Diámetro exterior del zuncho.

$$hc = Dp - 2r = 1,20m - 2 * (0,04) = 1,12m$$

fy: Tensión de fluencia especificada para la armadura transversal. Para valores de $fy > 420MPa$ no se debe utilizar empalmes por yuxtaposición

7.5.6 VERIFICACION AL PANDEO

7.5.6.1 Momentos amplificados

Según CIRSOC 201 – 10.12.3 Los elementos comprimidos se deben dimensionar para la carga axial mayorada P_u y para el momento mayorado y amplificado por los efectos de la curvatura del elemento, M_c , de acuerdo con las siguientes expresiones.

$$M_c = \delta_{ns} M_2 = \delta_{ns} M_u = 1 * 169,47KNm = 169,47KNm$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{2006,4KN}{0,75 * 384231KN}} = 1 \geq 1$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{(k l_u)^2} = \frac{\pi^2 514,86MNm^2}{(1 * 11,5m)^2} = 384231KN$$

$$E I = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta d} = \frac{0,4 * 25742,96 MPa * 0,1m^4}{1 + 1} = 514,86 MNm^2$$

$$C_m = 1$$

$$k = 1$$

$$l_u = 11m + \frac{1m}{2} = 11,5m$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \sqrt{30 MPa} = 25742,96 MPa$$

$$I_g = 0,1m^4$$

$$\beta d = \frac{1,2 PD}{1,2 PD + 1,6 PL} = \frac{1,2 * 1672KN}{1,2 * 1672KN} = 1$$

M_c : momento mayorado, amplificado por los efectos de la curvatura del elemento, a ser utilizado en el diseño de un elemento comprimido, en N.

M_2 : el mayor momento (de primer orden) mayorado, en uno de los extremos de un elemento comprimido, siempre positivo, en N.

δ_{ns} : factor de amplificación de momentos para pórticos indesplazables, utilizado para reflejar los efectos de la curvatura entre los extremos del elemento comprimido.

C_m : factor que relaciona el diagrama real de momentos con un diagrama equivalente de momentos uniforme.

TRABAJO FINAL DE CARRERA

DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGÓN PRETENSADO EN RUTA NACIONAL N°11 SOBRE RÍO TRAGADERO

BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

P_c : carga crítica de pandeo, en N.

EI : rigidez a flexión de un elemento comprimido, en N mm².

k : factor de longitud efectiva para elementos comprimidos.

l_u : longitud sin apoyo lateral de un elemento comprimido.

βd : es la relación entre la máxima carga axial mayorada que actúa en forma permanente (carga de larga duración) y la máxima carga axial mayorada asociada a la misma combinación de cargas.

$$M_c = M_u \rightarrow \text{Es correcto dimensionar con } M_c.$$

7.5.7 VERIFICACION AL CORTE

Según CIRSOC 201 – 11.3.1.2 para elementos sometidos a compresión axial, V_c debe ser:

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w d = \left(1 + \frac{2,006 MN}{14 * 1,13 m^2}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} * 1200 mm * 1160 mm = 1431845 N$$

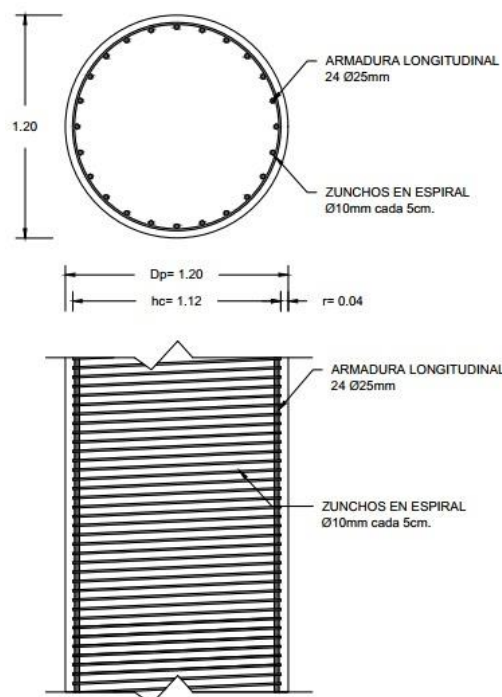
La armadura necesaria será:

$$V_{s nec} = 2006400 N - 1431845 N = 574555 N$$
$$\frac{A_{v nec}}{s} = \frac{V_{s nec}}{d f_{yt}} = \frac{574,56 KN}{1,16 m * 42 \frac{KN}{cm^2}} = 11,79 \frac{cm^2}{m}$$

Como se mencionó anteriormente, se adoptan zunchos como armadura de corte

$$\frac{A_{v adop}}{s} = \frac{0,79 cm^2}{0,05 m} = 15,8 \frac{cm^2}{m} > \frac{A_{v nec}}{s} = 11,79 \frac{cm^2}{m} \rightarrow BC$$

7.5.8 ESQUEMA RESUMEN





CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO

INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se exponen los resultados obtenidos al realizar el cómputo y presupuesto del proyecto desarrollado, con el objetivo de poder establecer un valor estimativo en pesos, de lo que costaría materializar la obra. El cómputo se evaluará sobre los ítems y materiales necesarios para la construcción del puente, y el presupuesto se analizará a nivel de anteproyecto, considerando los trabajos, materiales, equipos, y mano de obra necesarios para su ejecutar el proyecto.

ESTUDIO DE MERCADO

Para poder definir el precio de cada elemento prefabricado, se contactó con diferentes empresas proveedoras en el país evaluando las secciones disponibles y cotizando las que serían necesarias para la ejecución del puente. Fue así como se contactó y evaluó un presupuesto para las vigas pretensadas de la empresa Freyssinet Tierra Armada S.A., las cuales, por disposiciones de la empresa y por el largo que presenta nuestras vigas, pueden ser prefabricadas en planta, y luego transportadas hasta el sitio de emplazamiento de la obra

Del mismo modo, se contactó con la empresa VICANT SRL, y se le solicitó un presupuesto para los apoyos de neopreno adoptados.

Para establecer el precio de las barandas, se contactó con la empresa Staco Argentina S.A. y para establecer el precio de las defensas, se contactó con la empresa Gallara.

Los demás elementos componentes del puente, debido a la mayor flexibilidad que existe en el mercado regional para conseguirlos, fueron elegidos teniendo en cuenta la conveniencia en cuestiones de precio, calidad y distancias al lugar de emplazamiento de la obra. Se contactó con empresas como Melmix, Hierros Lider entre otros.

A continuación, se presentan las planillas resumen del cómputo realizado.

TRABAJO FINAL DE CARRERA
DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN* 11
BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

PLANILLA DE MATERIALES

N° Orden	Material	FUENTE			Distancia de transp. (Km)	Costo transp. (\$/t.km)	Factor	Costo transporte (\$/U.km) =	Incidencia del transporte	Manipuleo	Valor por hora	Incidencia por manipuleo	Costo total	Perdidas %	Costo Final
		Origen	Costo en Origen (1)	Un											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Hormigon H-30	Resistencia	\$ 23,048.79	m3	0.00						\$ 1,109.96				\$ 23,048.79
2	Acero φ8mm	Resistencia	\$ 178.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 2,071.87		\$ 2,071.87
3	Acero φ10mm	Resistencia	\$ 281.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 2,174.87		\$ 2,174.87
4	Alambre N°14	Local	\$ 678.00	Kg	0.00		0.001 t/kg			0.005	\$ 1,109.96	\$ 5.55	\$ 683.55		\$ 683.55
5	Punta Paris 1" 30 kg (363-231-025-1)	Local	\$ 720.60	Kg	0.00		0.001 t/kg			0.05	\$ 1,109.96	\$ 55.50	\$ 776.10	2.00	\$ 791.62
6	Madera pino 1"x5"	Local	\$ 1,343.34	m2	0.00		0.01 t/m2			0.05	\$ 1,109.96	\$ 55.50	\$ 1,398.84	5.00	\$ 1,468.78
7	Acero φ25mm	Resistencia	\$ 1,746.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 3,639.87		\$ 3,639.87
8	Acero φ32mm	Resistencia	\$ 2,567.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 4,460.87		\$ 4,460.87
9	Acero φ6mm	Resistencia	\$ 108.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 2,001.87		\$ 2,001.87
10	Bentonita sódica natural molida	Luján de Cuyo	\$ 23,770.80	tn	1,315.00	\$ 13.15	1.00 t/t	\$ 10,9570	\$ 14,408.46	0.75	\$ 1,109.96	\$ 577.91	\$ 38,757.17		\$ 38,757.17
11	Camisas metálicas	Esperanza	\$ 261,600.00	tn	630.00	\$ 15.00	1.00 t/t	\$ 15,0000	\$ 9,450.00	0.05	\$ 1,109.96	\$ 55.50	\$ 271,105.50		\$ 271,105.50
12	Caño de H" G" Ø=100mm, e= 4mm	Buenos Aires	\$ 1,068.72	m	1,035.00	\$ 14.77	0.011 t/m	\$ 0.1625	\$ 168.16	0.05	\$ 1,109.96	\$ 55.50	\$ 1,292.37		\$ 1,292.37
13	Asfalto 50-60	Buenos Aires	\$ 8,404.00	m3	910.00	\$ 14.77	0.001 t/kg	\$ 0.0148	\$ 13.44		\$ 1,109.96		\$ 8,417.44		\$ 8,417.44
14	Acero φ16mm	Resistencia	\$ 705.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 2,598.87		\$ 2,598.87
15	Acero φ12mm	Resistencia	\$ 402.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 2,295.87		\$ 2,295.87
16	Acero φ20mm	Resistencia	\$ 1,112.00	m	13.00	\$ 17.61	1.000 t/m	\$ 17.6100	\$ 228.93	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 3,005.87		\$ 3,005.87
17	Vigas Pretensadas	Buenos Aires	\$ 948,333.33	Un				\$ 100,000.00			\$ 1,109.96	\$ 1,048,333.33			\$ 1,048,333.33
18	Neopreno Armado	Buenos Aires	\$ 3,628.00	Un	927.00	\$ 14.77	0.00 t/U	\$ 0.0015	\$ 1.37	1.5	\$ 1,109.96	\$ 1,664.94	\$ 5,294.31		\$ 5,294.31
19	Piedra 0-6	Las Piedritas	\$ 1,728.00	m3	150	\$ 17.98	1.00 t/m3	\$ 17.98	\$ 2,697.00		\$ 1,109.96		\$ 4,425.00	1	\$ 4,469.25
20	Piedra 6-19	Las Piedritas	\$ 1,760.40	m3	150	\$ 17.98	1.00 t/m3	\$ 17.98	\$ 2,697.00		\$ 1,109.96		\$ 4,457.40	1	\$ 4,501.97
21	Arena	Corrientes	\$ 1,449.00	m3	185	\$ 17.29	1.50 t/m3	\$ 25.94	\$ 4,797.98		\$ 1,109.96		\$ 6,246.98	5	\$ 6,559.32
22	Baranda flex beam	Buenos Aires	\$ 323,733.00	m	900	\$ 17.61	0.400 t/m	\$ 7.04	\$ 6,339.60		\$ 1,109.96		\$ 330,072.60		\$ 330,072.60
23	Prelosa	Cordoba	\$ 1,720.44	m2	890	\$ 17.61	0.002 t/m	\$ 0.04	\$ 31.35		\$ 1,109.96		\$ 1,751.79		\$ 1,751.79
24	Defensas New Jersey	Buenos Aires	\$ 28,291.00	Un	890	\$ 17.61	0.90 t/U	\$ 15.85	\$ 14,105.61		\$ 1,109.96		\$ 42,396.61		\$ 42,396.61

PLANILLA DE MANO DE OBRA

Categoría	Salario Básico [\$ /h]	Asistencia [\$ /h] 20% de (2)	Jornal Directo [\$ /h] (2)+(3)	Mejoras Sociales [\$ /h] 20.00% de (4)	Seguro Obrero 2.00% de (4)	Jornal Total [\$ /h] (4)+(5)+(6)	Otros [\$ /h] 50.43% de (7)	Costo Unidad [\$ /h] (8)+(7)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Oficial Especializado	\$ 699.00	\$ 139.80	\$ 838.80	\$ 167.76	\$ 16.78	\$ 1,023.34	\$ 516.07	\$ 1,539.40
Oficial	\$ 595.00	\$ 119.00	\$ 714.00	\$ 142.80	\$ 14.28	\$ 871.08	\$ 439.29	\$ 1,310.37
Medio Oficial	\$ 549.00	\$ 109.80	\$ 658.80	\$ 131.76	\$ 13.18	\$ 803.74	\$ 405.32	\$ 1,209.06
Ayudante	\$ 504.00	\$ 100.80	\$ 604.80	\$ 120.96	\$ 12.10	\$ 737.86	\$ 372.10	\$ 1,109.96
Asistencia	20.00%						23.00%	
Mejoras Sociales	20.00%						6.00%	
Seguros	2.00%						5.43%	
Otros	50.43%						12.00%	
							IERIC	2.00%
							FICS	2.00%
							Otros	50.43%

TRABAJO FINAL DE CARRERA
 DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11
 BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN

Noviembre 2022

PLANILLA DE EQUIPOS

Nº Orden	Designacion	Potencia [hp]	Costo Actual [\$]	Valor Residual [\$] 20 % de (4)	Vida Util [hs]	Uso Anual [hs]	Costo de Amortizacion e Intereses [\$ /hs]	Reparaciones y Repuestos [\$ /hs] 30 % de (8)	Equipo	Combustibles					Costo total
										Tipo	Precio Unitario [\$ /lts]	Consumo de Combustible	Consumo de Lubricante 11%	Consumo Total x Unidad	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Retroexcavadora	99.00	\$ 17,515,000.00	\$ 3,503,000.00	10000.00	2000.00	\$ 3,152.70	\$ 945.81	\$ 4,098.51	Gas-Oil	\$ 210.40	0.16	0.02	17.09	\$ 7,693.80
2	Motoniveladora	220.00	\$ 43,354,710.00	\$ 8,670,942.00	10000.00	2000.00	\$ 7,803.85	\$ 2,341.15	\$ 10,145.00	Gas-Oil	\$ 210.40	0.16	0.02	39.07	\$ 18,365.75
3	Regla Vibradora	5.00	\$ 496,665.11	\$ 99,333.02	10000.00	1000.00	\$ 139.07	\$ 41.72	\$ 180.79	Nafta	\$ 165.00	0.30	0.03	1.67	\$ 455.52
4	Camion con Hidrogrua	150.00	\$ 23,658,590.28	\$ 4,731,718.06	10000.00	2000.00	\$ 4,258.55	\$ 1,277.56	\$ 5,536.11	Gas-Oil	\$ 210.40	0.15	0.02	24.98	\$ 10,790.85
5	Aserradora de Junta	4.00	\$ 355,950.00	\$ 71,190.00	10000.00	500.00	\$ 170.86	\$ 51.26	\$ 222.11	Nafta	\$ 165.00	0.20	0.02	0.89	\$ 368.63
6	Vibrocompactador	145.00	\$ 12,980,626.40	\$ 2,596,125.28	10000.00	800.00	\$ 4,283.61	\$ 1,285.08	\$ 5,568.69	Gas-Oil	\$ 210.40	0.20	0.02	32.19	\$ 12,341.47
7	Grupo Electrogeno 30 Kva	55.00	\$ 1,914,305.98	\$ 382,861.20	10000.00	1000.00	\$ 536.01	\$ 160.80	\$ 696.81	Nafta	\$ 155.26	0.25	0.03	15.26	\$ 3,066.47
8	Camion con Batea	210.00	\$ 14,960,938.92	\$ 2,992,187.78	10000.00	2000.00	\$ 2,692.97	\$ 807.89	\$ 3,500.86	Gas-Oil	\$ 210.40	0.19	0.02	44.29	\$ 12,819.27
9	Pilitera rotativa	400.00	\$ 113,230,809.00	\$ 22,646,161.80	10000.00	500.00	\$ 54,350.79	\$ 16,305.24	\$ 70,656.02	Gas-Oil	\$ 210.40	0.20	0.02	88.80	\$ 89,339.54
10	Soldadora electrica	0.00	\$ 3,446,226.00	\$ 689,245.20	10000.00	2000.00	\$ 620.32	\$ 186.10	\$ 806.42						\$ 806.42
11	Motobomba con manguera	10.00	\$ 564,732.00	\$ 112,946.40	10000.00	2000.00	\$ 101.65	\$ 30.50	\$ 132.15	Gas-Oil	\$ 210.40	0.15	0.02	1.67	\$ 482.47
12	Rastra de 24 discos de 26"	0.00	\$ 1,750,756.50	\$ 350,151.30	10000.00	2000.00	\$ 315.14	\$ 94.54	\$ 409.68						\$ 409.68
13	Rodillo pata de cabra autopropulsado	120.00	\$ 15,985,147.50	\$ 3,197,029.50	10000.00	2000.00	\$ 2,877.33	\$ 863.20	\$ 3,740.52	Gas-Oil	\$ 210.40	0.25	0.03	33.30	\$ 10,746.84
14	Tractor neumatico	109.00	\$ 8,982,130.50	\$ 1,796,426.10	10000.00	2000.00	\$ 1,616.78	\$ 485.04	\$ 2,101.82	Gas-Oil	\$ 210.40	0.20	0.02	24.20	\$ 7,193.08
15	Camion regador de agua	140.00	\$ 17,507,542.50	\$ 3,501,508.50	10000.00	2000.00	\$ 3,151.36	\$ 945.41	\$ 4,096.76	Gas-Oil	\$ 210.40	0.15	0.02	23.31	\$ 9,001.18
16	Terminadora asfaltica	170	\$ 33,704,429.71	\$ 6,740,885.94	10000.00	2000	\$ 6,066.80	\$ 1,820.04	\$ 7,886.84				0.00	0.00	\$ 7,886.84
17	Rodillo neumatico autopropulsado	94	\$ 19,029,937.50	\$ 3,805,987.50	10000.00	2000	\$ 3,425.39	\$ 1,027.62	\$ 4,453.01	Gas-Oil	\$ 210.40	0.2	0.02	20.87	\$ 8,843.64
18	Cargadora frontal	130	\$ 22,558,040.50	\$ 4,511,608.10	10000.00	2000.00	\$ 4,060.45	\$ 1,218.13	\$ 5,278.58	Gas-Oil	\$ 210.40	0.12	0.01	17.32	\$ 8,921.87

COEFICIENTE RESUMEN

Descripción	Porcentaje %		Totales
Costo - Costo		I	1.00
Gastos Generales	20.00%	II	0.20
Beneficio	10.00%	III	0.10
SubTotal		IV	1.30
Costo Financiero		V	0.00
Total		VI	1.30
I.V.A.	21.00%	VII	0.27
Otros impuestos	2.90%	VIII	0.04
COEFICIENTE RESUMEN			1.61

TRABAJO FINAL DE CARRERA
DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11
BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN
Noviembre 2022
PLANILLA DE COMPUTO Y PRESUPUESTO

N°	Item/Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio parcial	Precio Total	% Incidencia
1	Movimiento de suelos					\$ 169,121,953.19	0.14
1.1	Excavacion de pilotes	m³	938.3	\$ 156,152.07	\$ 146,517,483.12		
1.2	Relleno	m³	1465.2	\$ 15,427.57	\$ 22,604,470.07		
2	Hormigon H-30 in situ					\$ 883,683,512.28	0.75
2.1	Para Losa de tablero	m³	243	\$ 161,136.41	\$ 39,156,146.80		
2.2	Para Losa de aproximacion	m³	129.6	\$ 166,503.82	\$ 21,578,895.11		
2.3	Para Vigas secundarias	m³	85	\$ 354,128.48	\$ 30,100,920.66		
2.4	Para Estribos						
2.4.1	Para Cabezal de pilotes	m³	514.8	\$ 296,510.21	\$ 152,643,457.74		
2.4.2	Para Pantalla inferior	m³	36	\$ 191,816.78	\$ 6,905,403.95		
2.4.3	Para Contrafuerte	m³	30	\$ 428,318.38	\$ 12,849,551.54		
2.4.4	Para Pantalla superior	m³	14.4	\$ 188,628.67	\$ 2,716,252.82		
2.4.5	Para Contrafuerte posterior	m³	1.77	\$ 175,588.61	\$ 310,791.85		
2.4.6	Para Muro de ala	m³	21.25	\$ 161,031.82	\$ 3,421,926.08		
2.5	Para Fundaciones						
2.5.1	Para Pilotes	m³	651.4	\$ 506,641.28	\$ 330,026,131.30		
2.5.2	Para Pilas	m³	468.2	\$ 516,574.72	\$ 241,860,285.26		
2.5.3	Para Cabezal de pilas	m³	108	\$ 389,942.12	\$ 42,113,749.17		
3	Elementos prefabricados					\$ 123,804,311.66	0.1050
3.1	Viga principal prefabricada H-35 L=14,8m.	U	48	\$ 1,698,527.11	\$ 81,529,301.09		
3.2	Prelosa prefabricada H-30	m²	1620	\$ 16,612.12	\$ 26,911,638.88		
3.3	Defensas New Jersey	m	180	\$ 85,352.06	\$ 15,363,371.69		
4	Dispositivos de apoyo					\$ 889,169.26	0.00075
4.1	Neopreno armado	U	96	\$ 8,738.61	\$ 838,906.22		
4.2	Dados de Hormigon	m³	0.576	\$ 87,262.22	\$ 50,263.04		
5	Carpeta de rodamiento					\$ 212,026.79	0.00018
5.1	Carpeta de asfalto	m³	81	\$ 2,617.61	\$ 212,026.79		
6	Auxiliares					\$ 1,665,537.70	0.0014
6.1	Barandas	m	100	\$ 14,640.16	\$ 1,464,016.05		
6.2	Desague	m	25.6	\$ 7,871.94	\$ 201,521.65		
							1.00
PRESUPUESTO TOTAL						\$ 1,179,376,510.87	

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Movimiento de suelos**ITEM** 1.1**UNIDAD** m³**Descipcion** Excavacion de pilotes

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	1.5	\$ 1,539.40	\$ 2,309.10
Ayudante	HS	3	\$ 1,109.96	\$ 3,329.88
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 5,638.98
Materiales				
Camisas metalicas	tn	0.041	\$ 271,105.50	\$ 11,115.33
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 11,115.33
Equipos				
Pilotea rotativa	HS	0.73	\$ 89,339.54	\$ 65,217.86
Retroexcavadora	HS	0.73	\$ 7,693.80	\$ 5,616.48
Camion con Batea	HS	0.73	\$ 12,819.27	\$ 9,358.06
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 80,192.40
COSTO DIRECTO				\$ 96,946.71
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 156,152.07

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Movimiento de suelos**ITEM** 1.2**UNIDAD** m³**Descipcion** Relleno

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	1	\$ 1,539.40	\$ 1,539.40
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 8,599.98
Materiales				
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ -
Equipos				
Retroexcavadora	HS	0.02	\$ 7,693.80	\$ 153.88
Motoniveladora	HS	0.02	\$ 18,365.75	\$ 367.31
Rastra de 24 discos de 26"	HS	0.02	\$ 409.68	\$ 8.19
Rodillo pata de cabra autopropulsado	HS	0.02	\$ 10,746.84	\$ 214.94
Tractor neumatico	HS	0.02	\$ 7,193.08	\$ 143.86
Camion regador de agua	HS	0.01	\$ 9,001.18	\$ 90.01
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 978.19
COSTO DIRECTO				\$ 9,578.17
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 15,427.57

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ**ITEM** 2.1**UNIDAD** m³**Descipcion** Para Losa de tablero

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 10,139.38
Materiales				
Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero ø8mm	m	6.67	\$ 2,071.87	\$ 13,819.37
Acero ø10mm	m	7.52	\$ 2,174.87	\$ 16,355.02
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 62,480.64
Equipos				
Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Regla Vibradora	HS	0.6	\$ 455.52	\$ 273.31
Aserradora de Junta	HS	0.6	\$ 368.63	\$ 221.18
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 27,421.21
COSTO DIRECTO				\$ 100,041.23
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 161,136.41

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO Hormigon H-30 in situ
Descipcion Para Losa de aproximacion

ITEM 2.2

UNIDAD m³

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 10,139.38
Materiales				
Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ25mm	m	5	\$ 3,639.87	\$ 18,199.35
Acero φ10mm	m	7.14	\$ 2,174.87	\$ 15,528.57
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 66,034.17
Equipos				
Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Regla Vibradora	HS	0.6	\$ 455.52	\$ 273.31
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 27,200.03
COSTO DIRECTO				\$ 103,373.58
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 166,503.82

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ
Descipcion Para Vigas secundarias**ITEM**

2.3

UNIDADm³

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 10,139.38
Materiales				
Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero ø8mm	m	25.83	\$ 2,071.87	\$ 53,516.40
Acero ø32mm	m	18	\$ 4,460.87	\$ 80,295.66
Acero ø6mm	m	8.33	\$ 2,001.87	\$ 16,675.58
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 182,793.88
Equipos				
Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 26,926.72
COSTO DIRECTO				\$ 219,859.99
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 354,128.48

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ
Descipcion Para Cabezal de pilotes**ITEM** 2.4.1**UNIDAD** m³

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ25mm	m	15	\$ 3,639.87	\$ 54,598.05
Acero φ20mm	m	20	\$ 3,005.87	\$ 60,117.40
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 147,021.70**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 184,087.80****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 296,510.21**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ**ITEM** 2.4.2**UNIDAD** m³**Descipcion** Para Pantalla inferior

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ16mm	m	8	\$ 2,598.87	\$ 20,790.96
Acero φ10mm	m	13.3	\$ 2,174.87	\$ 28,925.77
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 82,022.98**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 119,089.08****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 191,816.78**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ
Descipcion Para Contrafuerte**ITEM** 2.4.3**UNIDAD** m³

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ25mm	m	10	\$ 3,639.87	\$ 36,398.70
Acero φ6mm	m	80	\$ 2,001.87	\$ 160,149.60
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 228,854.55**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 265,920.65****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 428,318.38**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ
Descipcion Para Pantalla superior**ITEM** 2.4.4**UNIDAD** m³

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ10mm	m	10	\$ 2,174.87	\$ 21,748.70
Acero φ16mm	m	10	\$ 2,598.87	\$ 25,988.70
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 80,043.65**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 117,109.75****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 188,628.67**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO Hormigon H-30 in situ
Descipcion Para Contrafuerte posterior

ITEM 2.4.5

UNIDAD m³

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38

Materiales

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ8mm	m	13.33	\$ 2,071.87	\$ 27,618.03
Acero φ20mm	m	4	\$ 3,005.87	\$ 12,023.48
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 71,947.75

Equipos

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72

COSTO DIRECTO \$ 109,013.85

COEFICIENTE RESUMEN 1.61

PRECIO UNITARIO \$ 175,588.61

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO	Hormigon H-30 in situ	ITEM	2.4.6	UNIDAD	m ³
Descipcion	Para Muro de ala				

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
--------------------	---------------	--------------------	-----------------------	----------------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ12mm	m	13.33	\$ 2,295.87	\$ 30,603.95
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 62,910.19**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 99,976.29****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 161,031.82**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ**ITEM** 2.5.1**UNIDAD** m³**Descipcion** Para Pilotes

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 10,139.38
Materiales				
Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ25mm	m	24	\$ 3,639.87	\$ 87,356.88
Acero φ10mm	m	75.4	\$ 2,174.87	\$ 163,985.20
Bentonita sódica natural molida	tn	0.05	\$ 38,757.17	\$ 1,937.86
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 277,481.17
Equipos				
Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 26,926.72
COSTO DIRECTO				\$ 314,547.27
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 506,641.28

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ**ITEM** 2.5.2**UNIDAD** m³**Descipcion** Para Pilas

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ25mm	m	24	\$ 3,639.87	\$ 87,356.88
Acero φ10mm	m	75.4	\$ 2,174.87	\$ 163,985.20
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 283,648.32**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 320,714.42****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 516,574.72**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Hormigon H-30 in situ**ITEM** 2.5.3**UNIDAD** m³**Descipcion** Para Cabezal de pilas

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
-------------	--------	-------------	----------------	---------------

Mano de obra

Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84

SUB-TOTAL MANO DE OBRA \$ 10,139.38**Materiales**

Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Acero φ8mm	m	60	\$ 2,071.87	\$ 124,312.20
Acero φ25mm	m	13.3	\$ 3,639.87	\$ 48,410.27
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27

SUB-TOTAL MATERIALES \$ 205,028.72**Equipos**

Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
Camion con Hidrogrua	HS	0.8	\$ 10,790.85	\$ 8,632.68
Soldadora electrica	HS	0.8	\$ 806.42	\$ 645.14
Grupo Electrogeno 30 Kva	HS	0.8	\$ 3,066.47	\$ 2,453.17
Motobomba con manguera	HS	0.8	\$ 482.47	\$ 385.97

SUB-TOTAL EQUIPOS \$ 26,926.72**COSTO DIRECTO \$ 242,094.82****COEFICIENTE RESUMEN 1.61****PRECIO UNITARIO \$ 389,942.12**

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO	Elementos prefabricados	ITEM	3.1	UNIDAD	U
Descipcion	Viga pricipal prefabricada H-35 L=14,8m.				

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	1.5	\$ 1,539.40	\$ 2,309.10
Ayudante	HS	3.5	\$ 1,109.96	\$ 3,884.86
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 6,193.96

Materiales				
Vigas Pretensadas	Un	1	\$ 1,048,333.33	\$ 1,048,333.33
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 1,048,333.33

Equipos**SUB-TOTAL EQUIPOS****COSTO DIRECTO** \$ 1,054,527.29

COEFICIENTE RESUMEN 1.61

PRECIO UNITARIO \$ 1,698,527.11

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO Elementos prefabricados
Descipcion Prelosa prefabricada H-30

ITEM 3.2

UNIDAD m²

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 3,078.80
Materiales				
Prelosa	Un	1.05	\$ 1,751.79	\$ 1,839.38
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 1,839.38
Equipos				
Camion con Hidrogrua	HS	0.5	\$ 10,790.85	\$ 5,395.43
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 5,395.43
COSTO DIRECTO				\$ 10,313.60
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 16,612.12

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Elementos prefabricados**ITEM** 3.3**UNIDAD** m**Descipcion** Defensas New Jersey

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	2	\$ 1,539.40	\$ 3,078.80
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 3,078.80
Materiales				
Defensas New Jersey	Un	1.05	\$ 42,396.61	\$ 44,516.44
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 44,516.44
Equipos				
Camion con Hidrogrua	HS	0.5	\$ 10,790.85	\$ 5,395.43
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 5,395.43
COSTO DIRECTO				\$ 52,990.67
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 85,352.06

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Dispositivos de apoyo**ITEM** 4.1**UNIDAD** U**Descipcion** Neopreno armado

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial	HS	0.1	\$ 1,310.37	\$ 131.04
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 131.04
Materiales				
Neopreno Armado	Un	1	\$ 5,294.31	\$ 5,294.31
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 5,294.31
Equipos				
SUB-TOTAL EQUIPOS				0
COSTO DIRECTO				\$ 5,425.35
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 8,738.61

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Dispositivos de apoyo**ITEM** 4.2**UNIDAD** m³**Descipcion** Dados de Hormigon

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial	HS	2	\$ 1,310.37	\$ 2,620.74
Ayudante	HS	4	\$ 1,109.96	\$ 4,439.84
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 7,060.58
Materiales				
Hormigon H-30	m3	1.05	\$ 23,048.79	\$ 24,201.23
Alambre N°14	Kg	0.6	\$ 683.55	\$ 410.13
Punta París 1" 30 kg (363-231-025-1)	Kg	1	\$ 791.62	\$ 791.62
Madera pino 1"x5"	m2	4.7	\$ 1,468.78	\$ 6,903.27
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 32,306.25
Equipos				
Vibrocompactador	HS	1.2	\$ 12,341.47	\$ 14,809.76
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 14,809.76
COSTO DIRECTO				\$ 54,176.58
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 87,262.22

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS****RUBRO** Carpeta de rodamiento**ITEM** 5.1**UNIDAD** m³**Descipcion** Carpeta de asfalto

Designacion	Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra				
Oficial Especializado	HS	0.04	\$ 1,539.40	\$ 61.58
Oficial	HS	0.03	\$ 1,310.37	\$ 39.31
Ayudante	HS	0.03	\$ 1,109.96	\$ 33.30
SUB-TOTAL MANO DE OBRA				\$ 134.19
Materiales				
Asfalto 50-60	m3	0.04	\$ 8,417.44	\$ 336.70
Piedra 0-6	Un	0.03	\$ 4,469.25	\$ 134.08
Piedra 6-19	Un	0.01	\$ 4,501.97	\$ 45.02
Arena	Un	0.01	\$ 6,559.32	\$ 65.59
SUB-TOTAL MATERIALES				\$ 581.39
Equipos				
Grupo Electrogenero 30 Kva	HS	0.1	\$ 3,066.47	\$ 306.65
Terminadora asfaltica	HS	0.01	\$ 7,886.84	\$ 78.87
Rodillo neomatico autopropulsado	HS	0.01	\$ 8,843.64	\$ 88.44
Cargadora frontal	HS	0.01	\$ 8,921.87	\$ 89.22
Camion con Batea	HS	0.02	\$ 12,819.27	\$ 256.39
Camion regador de agua	HS	0.01	\$ 9,001.18	\$ 90.01
SUB-TOTAL EQUIPOS				\$ 909.57
COSTO DIRECTO				\$ 1,625.14
COEFICIENTE RESUMEN				1.61
PRECIO UNITARIO				\$ 2,617.61

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO	Auxiliares	ITEM	6.1	UNIDAD	m
Descipcion	Barandas				
Designacion		Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra					
Oficial		HS	1	\$ 1,310.37	\$ 1,310.37
Ayudante		HS	2	\$ 1,109.96	\$ 2,219.92
SUB-TOTAL MANO DE OBRA					\$ 3,530.29
Materiales					
Baranda flex beam		Un	1.05	\$ 5,294.31	\$ 5,559.03
SUB-TOTAL MATERIALES					\$ 5,559.03
Equipos					
SUB-TOTAL EQUIPOS					\$ -
COSTO DIRECTO					\$ 9,089.32
COEFICIENTE RESUMEN					1.61
PRECIO UNITARIO					\$ 14,640.16

TRABAJO FINAL DE CARRERA**DIMENSIONAMIENTO DE PUENTE DE HORMIGON PRETENSADO SOBRE RIO TRAGADERO AUTOVIA RNN° 11****BENITEZ, ANGELA AGOSTINA - CHAIN, YAMILA ANA BELEN****Noviembre 2022****ANALISIS DE PRECIOS**

RUBRO	Auxiliares	ITEM	6.2	UNIDAD	m
Descipcion	Desague				
Designacion		Unidad	Rendimiento	Costo Unitario	Costo parcial
Mano de obra					
Oficial		HS	1 \$	1,310.37 \$	1,310.37
Ayudante		HS	2 \$	1,109.96 \$	2,219.92
SUB-TOTAL MANO DE OBRA					\$ 3,530.29
Materiales					
Caño de H°G° D=100mm, e= 4mm		m	1.05 \$	1,292.37 \$	1,356.99
SUB-TOTAL MATERIALES					\$ 1,356.99
Equipos					
SUB-TOTAL EQUIPOS					\$ -
COSTO DIRECTO					\$ 4,887.28
COEFICIENTE RESUMEN					1.61
PRECIO UNITARIO					\$ 7,871.94



CAPITULO 8

ANEXOS



GAUTO INGENIERÍA S.A.
SERVICIOS - CONSULTORÍA



ESTUDIO DE SUELOS



Comitente

DECAVIAL S.A.

Obra

**AUTOVIA RUTA NACIONAL N°11
TRAVESIA CIUDAD DE RESISTENCIA**

Tramo

**CEMENTERIO PARQUE JAZMIN - AUTODROMO
PUENTE SOBRE RIO NEGRO**

Fecha

MARZO DE 2014

SECCIONES	CONTENIDO GENERAL	Pág
INDICE	DESCRIPCIÓN DE LOS CONTENIDOS	1
1	INTRODUCCION	2
2	ENSAYOS Y ESTUDIO DE CAMPO	4
3	ENSAYOS Y ESTUDIOS DE LABORATORIO	7
4	ANALISIS DE LOS RESULTADOS	8
5	CONCLUSIONES	9
6	RECOMENDACIONES	12
A ANEXO	DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA	14

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo
DECAVIAL S.A.

1**INTRODUCCIÓN****1.1****INTRODUCCIÓN DESCRIPTIVA**

El presente informe geotécnico trata del estudio realizado sobre el área de implante del futuro puente a construirse en la Autovía Ruta Nacional N°11, sobre el Río Negro, en la ciudad de Resistencia.

La obra responde a la siguiente caracterización:

Obra:	Autovía Ruta Nac. N° 11 (Travesía Ciudad de Resistencia)
Tramo:	Cementerio Parque Jazmín – Autódromo
Objeto:	Duplicación de Calzadas, Construcción de Calles Colectoras, Puentes Intercambiadores
Asunto:	Puente sobre el Río Negro - Resistencia - Chaco
Comitente:	DECAVIAL S. A.

Considerando los objetivos del estudio, se programaron sondeos y ensayos de penetración estándar, en lugares asignados de acuerdo al proyecto de obra.

1.2**OBJETIVOS Y TAREAS DE ESTUDIO**

El objetivo del estudio de suelo consiste en realizar tareas tendientes a:

- definir el perfil estratigráfico del terreno en toda la longitud de la auscultación
- determinar las características físicas- mecánicas de cada horizonte
- analizar la capacidad de carga del terreno, en profundidades determinantes
- recomendar la cota y características de fundación

Los resultados del estudio se utilizarán en el diseño de la estructura de fundación de la obra indicada.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

1.3

ALCANCE DEL ESTUDIO

El informe se circunscribe al estudio del suelo del predio de la obra, en la profundidad requerida para cumplir con los objetivos consignados.

En función de los objetivos, se definieron los lugares más apropiados para realizar las intervenciones en el terreno.

Las conclusiones obtenidas en el estudio, servirán para el cálculo estructural de la fundación.

1.4

UBICACIÓN DE LA ZONA DEL ESTUDIO

Corresponde al sector de la Autovía Ruta Nacional N°11 donde se construirá un nuevo puente de hormigón armado sobre el Río Negro en la ciudad de Resistencia, aldaño al existente.

1.5

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA OBRA

El proyecto contempla la construcción de un nuevo puente de hormigón armado y demás construcciones accesorias sobre la futura vía a construirse. El emplazamiento de la obra nueva es contiguo a la localización del puente existente.



Puente existente sobre el Río Negro

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

2**ENSAYOS Y ESTUDIOS DE CAMPO**

A los efectos de los objetivos y alcance del estudio de suelo propuesto, se ejecutaron las tareas que se indican a continuación

2.1 Descripción de la intervención en el terreno**IDENTIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL LUGAR**

El estudio de suelo comprende los sondeos, de acuerdo a la siguiente distribución:

- Se realizaron sondeos exploratorios de 27,00 m de longitud en la zona del Río Negro, sobre la traza del futuro puente. Adicionalmente, se realizaron auscultaciones debajo del puente existente.

En todos los casos, la profundidad está referida al nivel del terreno natural, en cada auscultación. La localización de los puntos de estudio, fueron definidos en función de los objetivos del proyecto y cuestiones naturales del terreno.

Se adjunta el gráfico de ubicación de las intervenciones realizadas en el terreno.

2.2 Sondeos en profundidad

Los sondeos exploratorios se ejecutaron con barrenos, hasta la profundidad establecida. Se utilizaron las técnicas requeridas para la extracción de muestras para efectuar la caracterización de los materiales.

2.3 Ensayo de Penetración Estándar

Se midió la capacidad relativa de los diferentes mantos a través del Ensayo Normal de Penetración (S.P.T.) en cada metro de profundidad.

Para el citado ensayo, se siguió la técnica operativa establecida por las Normas ASTM D1586 T y Normas IRAM correspondientes, mediante la hincada de un sacamuestras provistas de zapatas de pared delgada.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

2.4	Metodología de avance de los sondeos Se procedió a la exploración edafológica del terreno involucrado realizando sobre el mismo el ensayo SPT, según lo establece el Método de Terzaghi. En consecuencia, se respetaron las dimensiones y pesos de los implementos mecánicos utilizados y el sistema operativo consecuente con la Norma de aplicación. Se adjunta la información generada por el SPT. 2.5 Determinación del número de golpes La Norma establece la técnica a seguir para el desarrollo del ensayo y obtener la valoración cuantitativa de la capacidad relativa de los distintos estratos atravesados. Desde el primer metro de profundidad de los sondeos, y en cada avance de la perforación de un metro, se realizó el registro del número de golpes del ensayo de penetración estándar. Se siguió el procedimiento especificado para la determinación del número de golpes (N) necesario para hacer penetrar el sacamuestras en el suelo, cuidando la mínima alteración ocasionado por el avance de las perforaciones con la energía establecida por el ensayo. 2.6 Extracción normalizada de las muestras en la longitud del estudio Recuperación de muestras representativas de suelo: su identificación y acondicionamiento. En cada perforación, y en la profundidad donde el análisis de las extracciones sucesivas indicaron la necesidad de tomar muestra de material, se extrajeron muestras semi - alteradas para ser ensayadas en laboratorio. Dicho material fue recogido del interior de los tubos de PVC, alojado en las zapatas de pared delgada Las muestras fueron convenientemente selladas para minimizar las pérdidas de humedad y la alteración durante el traslado al laboratorio.
<i>Ing. Civil Oscar Gauto</i> Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo DECAVIAL S.A.	

2.7**Definición del perfil estratigráfico**

A medida que se avanzó en profundidad con las perforaciones, se procedió a realizar el reconocimiento tacto-visual los suelos (color, textura, etc.) con el objeto de establecer la secuencia, ubicación y espesores de los diferentes mantos que conforman la estratigrafía del área estudiada.

2.8**Determinación del nivel freático**

En cada sondeo se realizaron las tareas de ubicación del nivel freático

*Ing. Civil Oscar Gauto***Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo****DECAVIAL S.A.**

3**ENSAYOS Y ESTUDIOS DE LABORATORIO**

Las muestras procedentes de los sondeos fueron remitidas al laboratorio de suelos y sobre ellas se realizaron las siguientes determinaciones:

- 3.1** Contenido natural de humedad referido al peso del suelo secado en estufa a 110° C. Según IRAM 10519
- 3.2** Delimitación de la fracción menor de 74 micrones (limo + arcilla) por lavado sobre el tamiz estándar N° 200. Según **IRAM 10507**.
- 3.3** Determinación de las constantes físicas o límites de Atterberg según **IRAM 10.501 y 10.502**.
- 3.4** Determinación de los parámetros de resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna, a través de ensayos de compresión triaxial NCR.
- 3.5** Clasificación de los suelos por textura y plasticidad conforme al Sistema Unificado de Casagrande. Según **IRAM 10509**
- 3.6** Observación macroscópica de las muestras: color, textura, concreciones calcáreas, materia orgánica, óxidos, etc.- Según **IRAM 10535**.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo
DECAVIAL S.A.

4**ANALISIS DE RESULTADOS**

En el ANEXO se adjuntan las planillas y documentos de cada perforación con los resultados obtenidos en los ensayos de penetración (STP), con las observaciones realizadas en el terreno.

4.1 Ubicación de los sondeos

Se provee el gráfico de la distribución de los sondeos, realizados en el terreno

4.2 Clasificación de suelo

Se proveen las planillas generadas a través de las observaciones en el terreno y las determinaciones realizadas en laboratorio y gabinete.

- Clasificación de Suelos del Perfil

4.3 Ensayo SPT – Perfil Geomecánico

Se proveen las planillas que indican el comportamiento geomecánico de los distintos horizontes atravesados en los sondeos exploratorios.

- Perfil geomecánico del estrato analizado

4.4 Ensayo de Compresión Triaxial

La determinación de los parámetros de resistencia a través de ensayos triaxiales no es pertinentes, considerando las características de los materiales recogidos durante las exploraciones de monitoreo.

4.5 Documentación Fotográfica

Se proveen los registros fotográficos de las tareas realizadas en el lugar.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

5**CONCLUSIONES****5.1****Características del lugar**

Los lugares donde se realizaron los ensayos de campo, corresponden al sector de la Autovía Ruta Nacional N°11 donde se prevé construir un nuevo puente de hormigón armado sobre el Río Negro.

Actualmente, en este tramo de la autovía está en servicio un puente de hormigón armado, que continuará en servicio como una de las vías de circulación.

En el área de implante del futuro puente, el río se encuentra cubierto totalmente por la vegetación acuática natural.

Se realizaron sondeos de 27,00 m de longitud en ambas márgenes del río, en la zona de la futura traza de la ruta y en correspondencia con la localización de los estribos a construirse.

Asimismo se realizó una auscultación dentro del cauce actual del río, y debajo de la obra actual.

5.2**Característica de los suelos en los perfiles analizados**

De la apreciación visual en el lugar en todos los sondeos y las determinaciones en laboratorio, surgen las siguientes consideraciones:

5.2.1**Consideraciones significativas.**

Planillas y Gráficos: para la descripción del perfil estratigráfico, se establece como nivel +/- 0,00 el nivel del terreno.

- a) El perfil del suelo del lugar, en el espesor monitoreado, está conformado por horizontes con características físicas y mecánicas diferentes.
- b) El estrato en el espesor analizado presenta perfiles estratigráficos con características erráticas.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

5.2.2

Descripción del perfil estratigráfico

De 0,00 a -2,00 aprox. (referido al terreno natural) – 47,00 / 45,00

Presentación: Luego de una capa superficial integrada por suelos limo arcilloso de granulometría muy fina, se trata de un estrato de constitución arcillosa, relativamente heterogénea, con presencia de capas de material limoso intercaladas. En algunos sectores, a continuación aparece inmediatamente arena limosa que califican como poco consistente y mal graduada.

De las auscultaciones realizadas en la zona del río propiamente dicho, surge que el horizonte superior entre 2 y 3 m de espesor, está constituido por material fangoso suelto típico, con características dispersivas.

Características de plasticidad: En sectores, se observa la presencia de arcillas inorgánicas de media plasticidad, y arcilla limosa friables en otros, según se puede apreciar en las planillas adjuntas.

Capacidad de cambio volumétrico: El perfil se presenta como un estrato de media a nula capacidad expansiva potencial, con normal a mediano contenido de humedad, según el sector. En términos generales, el perfil del estrato analizado se muestra con características erráticas, y en estado de saturación desde los -2,40, variable según el sector analizado.

Densificación / Pre consolidación: Se aprecia baja densificación relativa, y escasa pre consolidación, observable en todo el estrato.

Respuesta al Ensayo de Penetración Estándar: Regular a mal desempeño.

Coloración: Castaños y castaños oscuros variables.

Humedad: El estrato arcilloso posee contenidos medios de humedad, con ascenso en profundidad, hasta la saturación.

En sectores, se encuentran fangos limosos, con presencia de barros laguneros con características de inestabilidad.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

De -2,00 a -27,00 (referido al terreno natural) – 45,00 / 20,00

Presentación: El estrato de aproximadamente 25 m de espesor, está conformado inicialmente por arenas limosas de consistencia discreta, finalizando el tramo con arenas más gruesas, limosas y mal graduadas. En sectores del área investigada, se observa la presencia de suelos limosos, conformando un terreno heterogéneo.

Características de plasticidad: Horizonte constituido por material friable.

Respuesta al Ensayo de Penetración Estándar: El desempeño fue bueno, considerando el destino de la construcción.

Coloración: Los suelos de coloración castaño oscuro/amarillento en todo el espesor.

Humedad: El estrato donde se ubican las arenas se encuentra en estado de saturación.

5.2.3

Estabilidad

En los primeros tramos de los sondeos realizados, se detectan arenas y limos con cierta inestabilidad, que se manifiesta en los materiales finos.

Los suelos areno-limosos presentan características de estabilidad adecuada para enclavamiento de estructuras.

5.2.4

Nivel freático

Se detectaron filtraciones de agua por debajo de 2,20/2,40 m de profundidad, que en la actualidad puede ser considerado como acuífero verdadero.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

6**RECOMENDACIONES****6.1****CONSIDERACIONES GENERALES**

Considerando los objetivos del estudio, se recomienda:

El diseño de la estructura de sustentación de la construcción debe considerar que en la profundidad de influencia de las acciones de la estructura de fundación, se halla un estrato conformado por dos horizontes con características físicas y mecánicas particulares.

En general se trata de un estrato que contiene perfiles con características erráticas. El primer tramo de 2,00 m aproximadamente de espesor está conformado sustancialmente, por arcillas inorgánicas de media plasticidad (tipo CL) con vestigios de capas limosas intercaladas, mientras que en otros sectores, se encuentran arenas limosas (tipo SM).

A partir de los 2,00 m de profundidad aproximadamente y hasta el final de los sondeos, se encuentra un estrato conformado por material friable y en estado de saturación. Integrado inicialmente por arenas limosas (SM), finaliza con arenas más gruesas y mal graduadas (SP). Muy buen desempeño ante los ensayos SPT y con adecuadas características de estabilidad para el enclavamiento de estructuras de fundación profundas.

6.2**PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE FUNDACIÓN**

Parámetros del suelo: Considerando la calidad de los suelos que constituye el perfil del suelo, se recomienda el uso de los parámetros indicados más abajo para el diseño de la estructura de fundación de las construcciones previstas.

Sistema de fundación recomendada: Fundaciones profundas. Tipo Indirecta

Características del sistema de fundación:

De acuerdo a las cuestiones que conforman la realización de la obra, se recomienda el diseño de la fundación indirecta a través de pilotes perforados in situ, con recirculación de lodo bentonítico.

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo

DECAVIAL S.A.

Cota de implante de los pilotes:

Considerando el perfil del suelo, y las características de los suelos de estratos inferiores, se recomienda establecer como cota mínima de implante de los pilotes, a 23 metros de profundidad, referido al terreno natural.

Estructura de Fundación Recomendada

Tipo de Fundación: Cabezales y pilotes
Nivel Punta de Pilotes: Profundidad mínima: 23,00 m
Cota: 24

FUNDACIÓN INDIRECTA			
ESFUERZO	TENSIÓN ADMISIBLE t / m²	PROFUNDIDAD m	COTA
Tensión Lateral (T)	-	0,00 a 8,00	47,00 a 39,00
	1,70	8,00 a 17,00	39,00 a 30,00
	2,00	17,00 a 23,00	30,00 a 24,00
Tensión de Punta (σ)	280,00	23,00	24,00

Módulo de Reacción del Suelo (ks)

El coeficiente de balasto ó módulo de Winkler a considerar en el perfil del suelo, en los distintos estratos, son los que se consignan en la siguiente tabla:

Módulo de Reacción del Suelo		
Reacción Horizontal kg / cm³	Profundidad (m)	Cota
-	0,00 a 8,00	47,00 a 39,00
2,500	8,00 a 17,00	39,00 a 30,00
8,000	17,00 a 23,00	30,00 a 24,00

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo
DECAVIAL S.A.

A

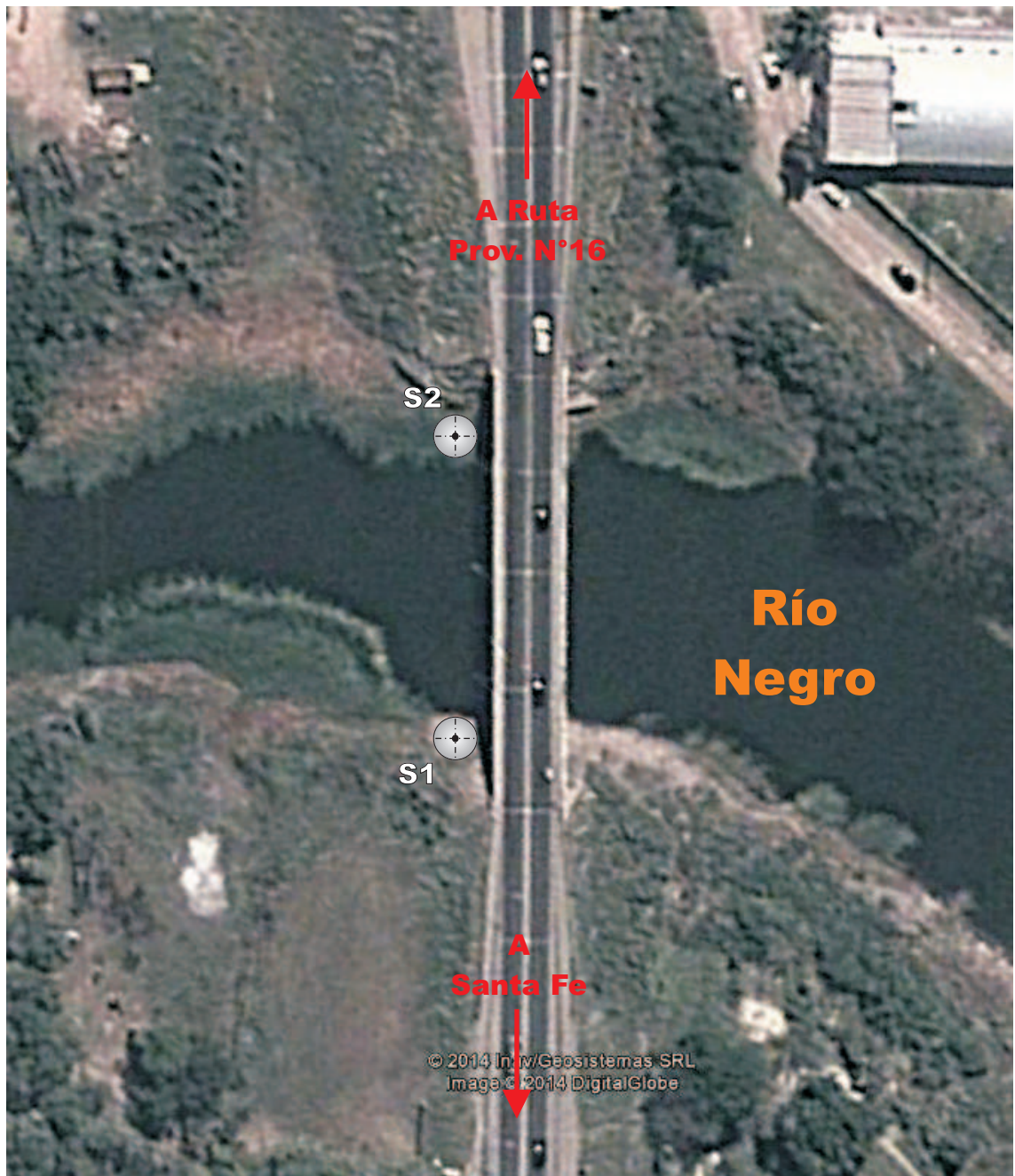
ANEXO

A.1	<i>Esquema de Sondeos</i>
A.2	<i>Clasificación de Suelos</i>
A.3	<i>Perfil Geomecánico</i>
A.4	<i>Documentación Fotográfica</i>

Ing. Civil Oscar Gauto

Puente s/ el Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11: Tramo Parque Jazmín-Autódromo
DECAVIAL S.A.

CROQUIS DE UBICACION DE LOS SONDEOS



Ing. Civil OSCAR GAUTO
Especialista en Ingeniería en Calidad

*Nota: las medidas son en metros.

Puente sobre Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11
DECAVIAL S.A.

CLASIFICACION DE SUELOS DEL PERFIL - SONDEO N° 1

PROFUNDIDAD (m)		COTA		COLOR DE SUELO	HUM. NAT.	P. 10	P. 40	P. 100	P. 200	COTA BOCA DE POZO:			
		DE	A	DE	A					L.L.	L.P.	I.P.	CLAS. SUCS
0,00	1,00			46,52	45,52	CAST. OSCURO	10,30%	100%	100%	15,4%	NP	NP	SM
1,00	2,00			45,52	44,52	CAST. CLARO	11,40%	100%	100%	18,3%	NP	NP	SM
2,00	2,45			44,52	44,07	CAST. CLARO	12,70%	100%	100%	18,8%	NP	NP	SM
2,45	3,00			44,07	43,52	CAST. CLARO	14,50%	100%	100%	20,4%	NP	NP	SM
3,00	3,45			43,52	43,07	CAST. CLARO	SAT	100%	100%	21,2%	NP	NP	SM
3,45	4,00			43,07	42,52	CAST. CLARO	SAT	100%	100%	22,5%	NP	NP	SM
4,00	4,45			42,52	42,07	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	20,3%	NP	NP	SM
4,45	5,00			42,07	41,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	18,9%	NP	NP	SM
5,00	5,45			41,52	41,07	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	17,8%	NP	NP	SM
5,45	6,00			41,07	40,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	67,8%	23,6	18,2	5,4 CL-ML
6,00	6,45			40,52	40,07	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	78,5%	24,4	18,2	6,2 CL-ML
6,45	7,00			40,07	39,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	73,3%	23,5	18,2	5,3 CL-ML
7,00	7,45			39,52	39,07	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	72,5%	24,8	18,6	6,2 CL-ML
7,45	8,00			39,07	38,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	74,4%	23,3	18,9	4,4 CL-ML
8,00	9,00			38,52	37,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	65,4%	NP	NP	CL-ML
9,00	10,00			37,52	36,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	63,2%	NP	NP	CL-ML
10,00	11,00			36,52	35,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	6,6%	NP	NP	SP-SM
11,00	12,00			35,52	34,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	12,2%	NP	NP	SM
12,00	13,00			34,52	33,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	5,8%	NP	NP	SP-SM
13,00	14,00			33,52	32,52	CAST. OSCURO	SAT	100%	100%	4,8%	NP	NP	SP
14,00	15,00			32,52	31,52	AMARILLENTO	SAT	100%	100%	4,3%	NP	NP	SP
15,00	16,00			31,52	30,52	AMARILLENTO	SAT	100%	100%	4,4%	NP	NP	SP
16,00	17,00			30,52	29,52	AMARILLENTO	SAT	100%	100%	4,2%	NP	NP	SP
COTA BOCA DE POZO: 46,520													

OBRA:	AUTOVIA RUTA NACIONAL N°11 TRAVESIA CIUDAD DE RESISTENCIA	SECTOR DE ESTUDIO:	PUENTE SOBRE EL RIO NEGRO
		FECHA:	MARZO DE 2014
		COMITENTE:	DECAVAL S.A.

CLASIFICACION DE SUELOS DEL PERFIL - SONDEO N° 2

PROFUNDIDAD (m)		COTA		COLOR DE SUELO	HUM. NAT.	P. 10	P. 40	P. 100	P. 200	COTA BOCA DE POZO:			
		DE	A	DE	A					L.L.	L.P.	I.P.	CLAS. SUCS
0,00	1,00			47,50	46,50					35,0	20,2	14,8	CL
1,00	2,00			46,50	45,50					34,6	20,4	14,2	CL
2,00	2,45			45,50	45,05					NP	NP	NP	ML
2,45	3,00			45,05	44,50					NP	NP	NP	ML
3,00	3,45			44,50	44,05					NP	NP	NP	SM
3,45	4,00			44,05	43,50					NP	NP	NP	SM
4,00	4,45			43,50	43,05					NP	NP	NP	SM
4,45	5,00			43,05	42,50					NP	NP	NP	SM
5,00	5,45			42,50	42,05					NP	NP	NP	SM
5,45	6,00			42,05	41,50					NP	NP	NP	SM
6,00	6,45			41,50	41,05					NP	NP	NP	SM
6,45	7,00			43,05	40,50					NP	NP	NP	SM
7,00	7,45			40,50	40,05					NP	NP	NP	SM
7,45	8,00			40,05	39,50					NP	NP	NP	SM
8,00	9,00			39,50	38,50					NP	NP	NP	SM
9,00	10,00			38,50	37,50					NP	NP	NP	SM
10,00	11,00			37,50	36,50					NP	NP	NP	SP-SM
11,00	12,00			36,50	35,50					NP	NP	NP	SP-SM
12,00	13,00			35,50	34,50					NP	NP	NP	SP-SM
13,00	14,00			34,50	33,50					NP	NP	NP	SP
14,00	15,00			33,50	32,50					NP	NP	NP	SP
15,00	16,00			32,50	31,50					NP	NP	NP	SP
16,00	17,00			31,50	30,50					NP	NP	NP	SP

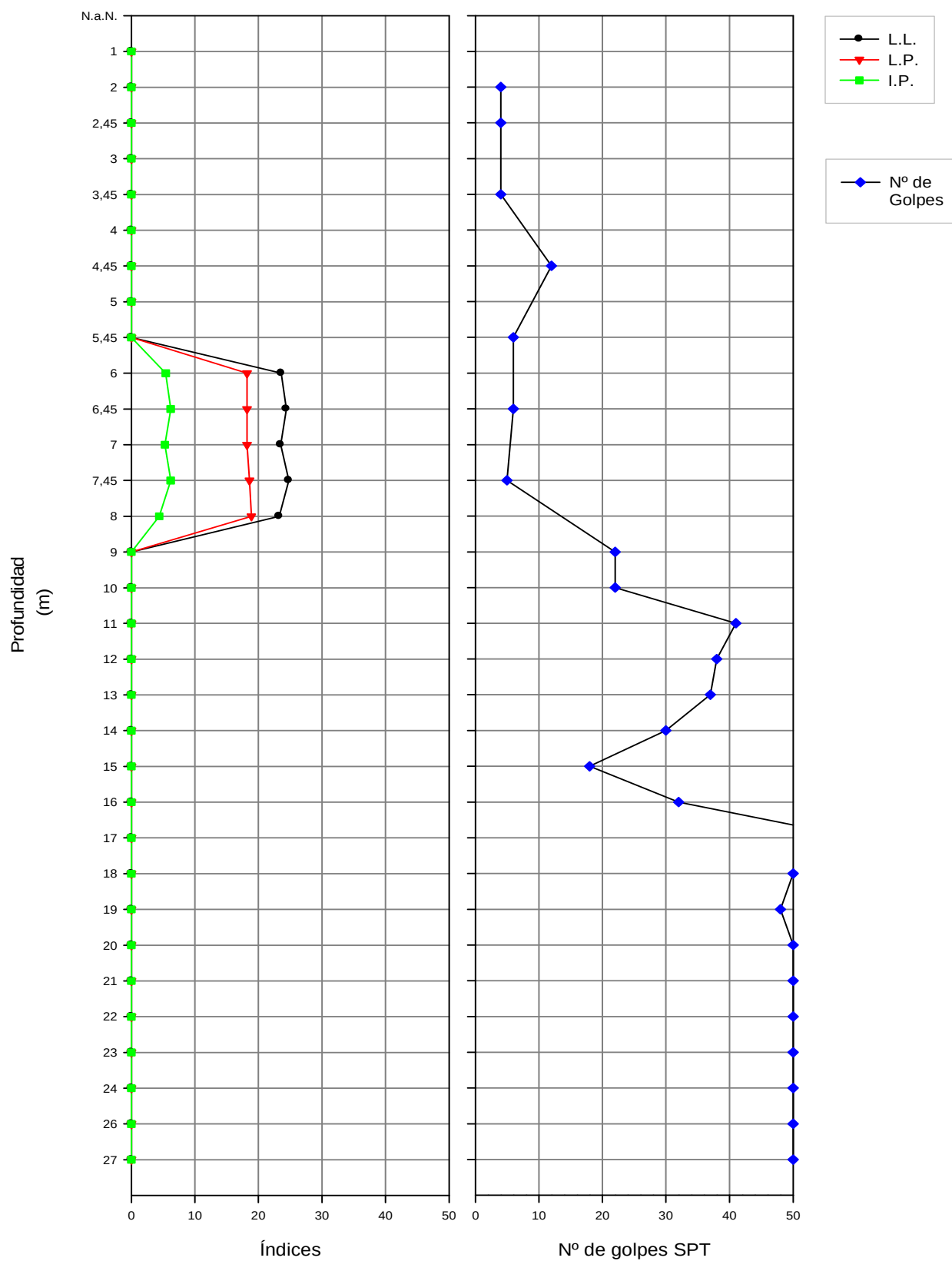
OBRA:	AUTOVIA RUTA NACIONAL N°11 TRAVESIA CIUDAD DE RESISTENCIA	SECTOR DE ESTUDIO:	PUENTE SOBRE EL RIO NEGRO
		FECHA:	MARZO DE 2014
		COMITENTE:	DECAVAL S.A.

CLASIFICACION DE SUELOS DEL PERFIL - SONDEO N° 3

PROFUNDIDAD (m)		COTA		COLOR DE SUELO	HUM. NAT.	P. 10	P. 40	P. 100	P. 200	COTA BOCA DE POZO:			
		DE	A	DE	A					L.L.	L.P.	I.P.	CLAS. SUCS
0,00	1,00			46,90	45,90					28,8	19,9	8,9	CL
1,00	2,00			45,90	44,90					26,7	19,9	6,8	CL-ML
2,00	2,45			44,90	44,45					25,5	19,2	6,3	CL-ML
2,45	3,00			44,45	43,90					NP	NP	NP	SM
3,00	3,45			43,90	43,45					NP	NP	NP	SM
3,45	4,00			43,45	42,90					NP	NP	NP	SM
4,00	4,45			42,90	42,45					NP	NP	NP	SM
4,45	5,00			42,45	41,90					NP	NP	NP	SP
5,00	5,45			41,90	41,45					NP	NP	NP	SP
5,45	6,00			41,45	40,90					NP	NP	NP	SP-SM
6,00	6,45			40,90	40,45					NP	NP	NP	SP-SM
6,45	7,00			42,45	39,90					NP	NP	NP	SP-SM
7,00	7,45			39,90	39,45					NP	NP	NP	SM
7,45	8,00			39,45	38,90					NP	NP	NP	SM
8,00	9,00			38,90	37,90					NP	NP	NP	SM
9,00	10,00			37,90	36,90					NP	NP	NP	SM

OBRA:	AUTOVIA RUTA NACIONAL N°11 TRAVESIA CIUDAD DE RESISTENCIA	SECTOR DE ESTUDIO:	PUENTE SOBRE EL RIO NEGRO
		FECHA:	MARZO DE 2014
		COMITENTE:	DECAVAL S.A.

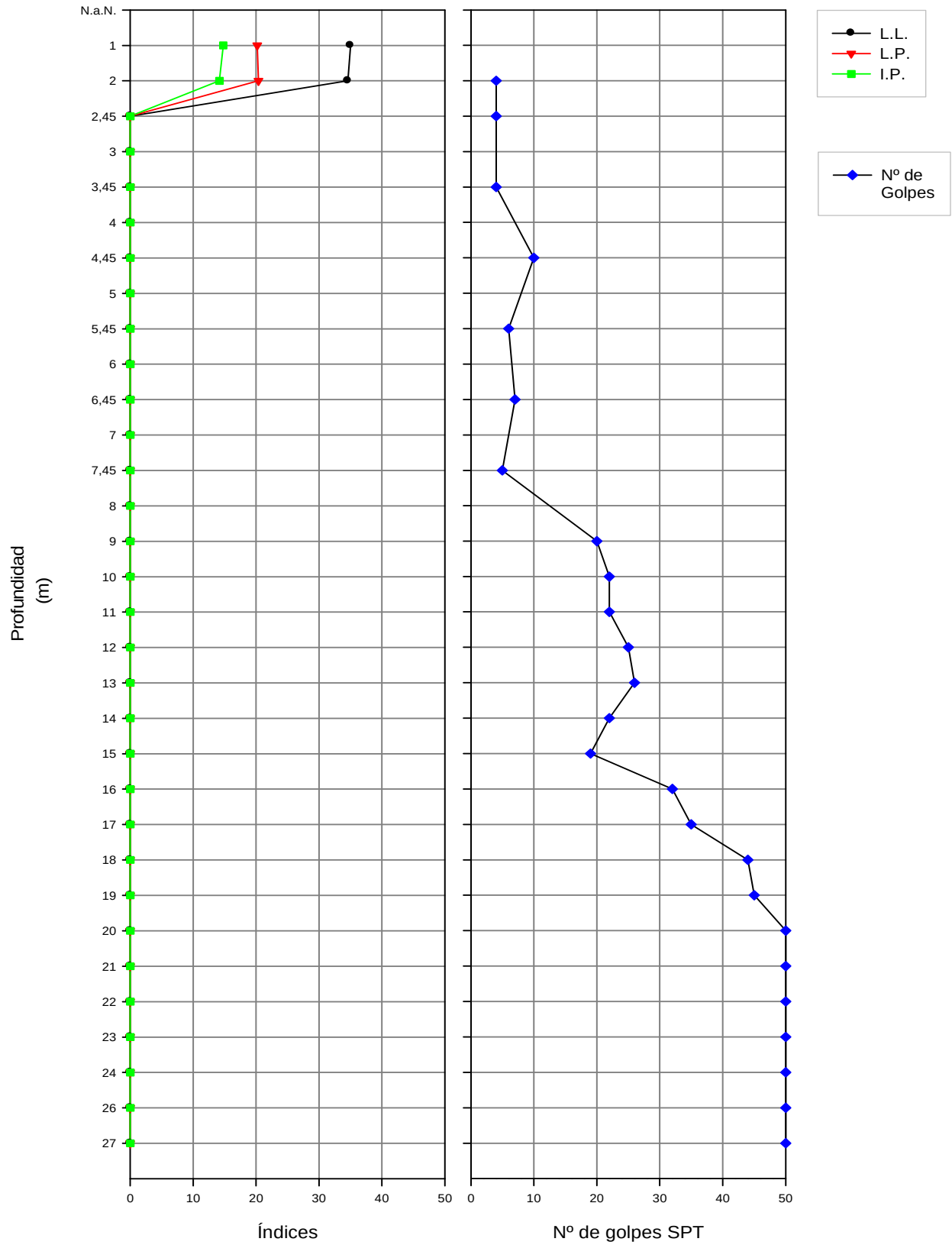
PERFIL COLUMNAR GEOMECÁNICO - Sondeo N° 1



Puente sobre Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11

DECAVIAL S.A.

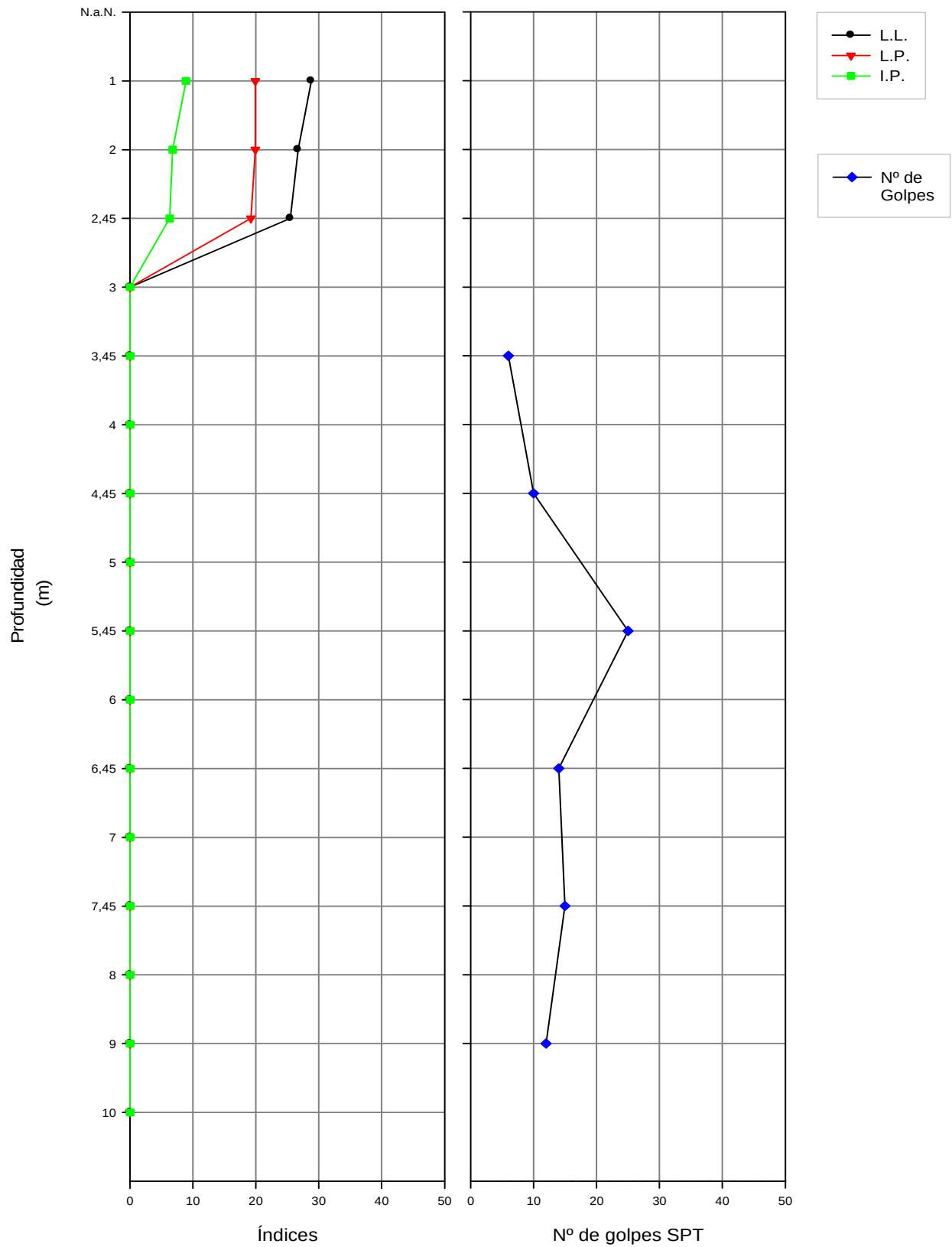
PERFIL COLUMNAR GEOMECÁNICO - Sondeo N° 2



Puente sobre Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11

DECAVIAL S.A.

PERFIL COLUMNAR GEOMECÁNICO - Sondeo N° 3



Puente sobre Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11

DECAVIAL S.A.

TAREAS DE
PERFORACION Y
EXTRACCION DE
MUESTRAS



TAREAS DE
PERFORACION Y
EXTRACCION DE
MUESTRAS

Puente sobre Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11

DECAVIAL S.A.

INFORME TECNICO - ESTUDIO DE SUELOS

ENSAYO SPT



ENSAYO SPT

Puente sobre Río Negro / Autovía Ruta Nacional N°11

DECAVIAL S.A.

Obra: Autovía Ruta Nacional Nº 11 (Travesía Ciudad de Resistencia)
Tramo: Cementerio Parque Jazmín – Autódromo
Asunto: Puente sobre Río Negro – Resistencia - Chaco

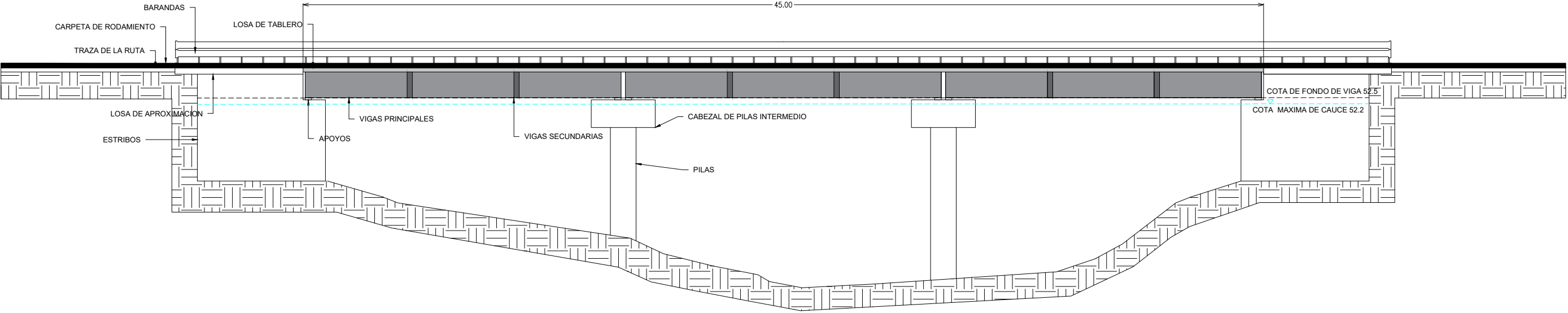
Comitente: DECAVIAL S. A.

Cantidad de hojas del presente informe: Veintiséis **(26)**.

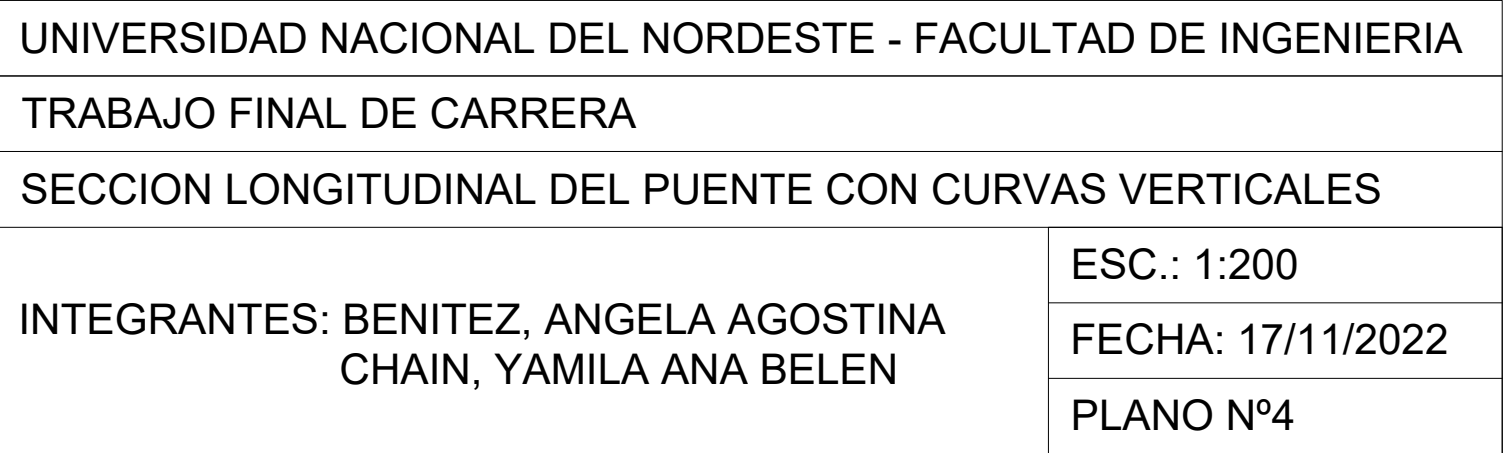
Resistencia, marzo de 2014.-

Ing. Civil Oscar Gauto

Consultora Ing. Oscar Gauto y Asociados
Av. Alberdi 577 – (3500) – Resistencia – Chaco
Tel Fax 54 362 4434580
E - mail: consulgauto@arnet.com.ar



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - FACULTAD DE INGENIERIA	
TRABAJO FINAL DE CARRERA	
SECCION LONGITUDINAL DEL PUENTE	
INTEGRANTES: BENITEZ, ANGELA AGOSTINA CHAIN, YAMILA ANA BELEN	ESC.: 1:200
	FECHA: 17/11/2022
	PLANO N°2





CAPITULO 9

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO IX

BIBLIOGRAFÍA

ALBERTO, Jorge; ARCE, Guillermo; MIGNONE, Aníbal. UNNE. Facultad de Humanidades. Centro de Geociencias Aplicada

DINÁMICA HIDRO-FITO-GEOMORFOLÓGICA EN EL CURSO INFERIOR DEL RÍO TRAGADERO. CHACO, ARGENTINA.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Carta para la selección del Tiempo de Recurrencia para diseño. USA, 1979.

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

LRFD 2012 Bridge Design Specification. USA, 2012.

American Concrete Institute (ACI) 224R-01.

Control de la fisuración en estructuras de hormigón. USA, mayo de 2001.

Asociación Argentina de hormigón pretensado (AAHP).

Norma para la tipificación de vigas de hormigón pretensado pre moldeadas para puentes carreteros. Argentina, diciembre 1973.

Catedra de Hormigon Armado II. Facultad de Ingeniería. UNNE.

Das, Braja M.

Fundamentos de ingeniería geotécnica. México, julio 2008.

Departamento de Hidráulica Universidad Nacional del Nordeste (DHUNNE).

Estudio Hidrológico de crecientes. Argentina, diciembre de 1993.

Dirección Nacional de Vialidad (DNV).

Normas del diseño geométrico de caminos rurales. Argentina, 1985.

Dirección Nacional de Vialidad (DNV).

BCPHA- Bases para el cálculo de puentes de hormigón armado. Argentina, enero 1952.

Gauto Ingeniería S.A

Estudio de suelo para río Negro en Ruta nacional N°11. Chaco - Argentina, 2014.

Oscar G. Grimaux & Asociados

Adecuación Hidráulica Ruta Nacional N°11. Chaco, Argentina. Año 2000

Hernández Balat, Bissio, Ortega.

Ejemplos de aplicación del reglamento argentino de estructuras de hormigón CIRSOC 201. Argentina, agosto de 2005.

Instituto de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Nordeste.

Atlas geográfico de la provincia de Chaco. Tomo I: El Medio Natural. Geográfica 5. CHACO-ARG., 1987.

INTI – CIRSOC 201 (Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles).

Versión 2005.

INTI – CIRSOC 308 (Instituto Nacional de Tecnología Industrial - Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles).

Versión 2007.

Leonhardt, F.

Estructuras de Hormigón Armado - Tomo II: Casos especiales del dimensionamiento de estructuras de hormigón armado. Argentina, 1988.

Leonhardt, F.

Estructuras de Hormigón Armado – Tomo V: Hormigón pretensado. Argentina, 1988.

Patricia Perla Snaider Forlin.

Tesis doctoral. Estructura, dinámica y características del paisaje en áreas representativas de la cuenca del río Tragadero en la provincia del Chaco (Argentina)

Portland Cement Association (PCA).

Notas sobre ACI 318-02 – Requisitos para hormigón estructural con ejemplos de diseño. Argentina, 2011.

PRECON S.R.L.

Manual técnico de sistema de pretensado PRECON. Argentina - Santa Fe, Rosario.

Terzagui, K. y Peck, R

Mecánica de suelos en la ingeniería práctica.

Vente Chow, David R Maidment, Larry Mays

Hidrología Aplicada. Colombia, Año 2000.