

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y
Agrimensura



Proyecto de Grado
Carrera de Ingeniería Civil

**Playa de estacionamiento de camiones
Reconquista
Provincia de Santa Fe**

ESTUDIANTES

Fabrizio, Maylen	F-3648/1
Nardelli, Lorenzo	N-1111/1
Robertti, Guido	R-4343/5
Tosti, Ignacio	T-3014/7

DIRECTORES:

Inga. Luque, Analía
Mg. Inga. Forestieri, Claudia

ASESORES:

Dr. Ing. Raffaelli, Juan Pablo
Dra. Inga. Portapila, Margarita
Ing. Raúl Navarro
Mg. Arq. Cervera, Cristina
Ing. Fideleff, Horacio
Ing. Hazan, Andrés

*Trabajo presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura,
en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de*

Ingeniería Civil

Junio 2026

ÍNDICE

ÍNDICE	2
1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVO GENERAL	5
2.2. OBJETIVOS PARTICULARES	5
2.3. ÁREAS PRINCIPALES A ABORDAR	5
3. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN	6
3.1. SELECCIÓN DEL TERRENO	6
3.1.1 Área mínima necesaria	6
3.1.2 Proceso de selección y alternativas descartadas	6
4. MEMORIA DESCRIPTIVA	11
4.1. LAYOUT GENERAL	11
4.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO	13
4.3. CIRCULACIÓN DENTRO DEL PREDIO	17
4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN	18
4.5. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	19
4.5.1 Estructura de pavimento rígido	19
4.5.2 Estructura de pavimento flexible	20
4.6. DISEÑO ARQUITECTÓNICO	20
4.7. DISEÑO ESTRUCTURAL	22
5. MEMORIA DE CÁLCULO	27
5.1. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA	27
5.1.1. Análisis de cuencas externas	27
5.1.2. Análisis de escurrimientos internos	36
5.1.3 Situación pre-intervención para diseño de reservorio	45
5.1.4 Situación post - intervención para diseño de reservorio	46
5.1.5. Volumen del reservorio	47
5.1.6 Descarga del reservorio	49
5.1.7 Dimensionamiento de alcantarilla	53
5.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CIRCULACIÓN INTERNA	56
5.2.1. Elección del vehículo de diseño	56
5.2.2. Consideraciones previas al diseño	56
5.2.3. Diseño con Autodesk Vehicle Tracking y definición de la geometría	58
5.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN	64
5.3.1 Diseño de los carriles de aceleración y desaceleración	65
5.3.2 Diseño geométrico de la curva para giros a derecha	66
5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO	68
5.4.1 Caracterización de la subrasante	68
5.4.2 Determinación de las solicitudes de tránsito	68
5.4.3 Dimensionamiento estructural del pavimento rígido	74
5.4.4 Diseño de juntas	77
5.4.5 Dimensionamiento estructural del pavimento flexible (AASHTO '93)	81
5.4.6 Dimensionamiento de la banquina pavimentada	84

5.5. DISEÑO ARQUITECTÓNICO	85
5.5.1. Sector de servicios a los transportistas	86
5.5.2. Sector de servicios al transporte	90
5.5.3. Fachada principal (Figura 5.5.11)	92
5.5.4. Espacios al aire libre	93
5.6. DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL	95
5.6.1. Normas utilizadas	95
5.6.2. Estructura metálica: Modelo de cálculo y dimensionamiento de los componentes	95
5.6.2.1. Análisis de cargas	95
5.6.2.2. Modelado de la Estructura - Análisis Estructural	110
5.6.2.3. Dimensionamiento de los componentes en ELU	112
5.6.3. Estructura de hormigón: Fundaciones de columnas y Análisis geotécnico	125
5.6.3.1. Análisis del suelo de fundación	125
5.6.3.2. Geometría del cabezal	129
5.6.3.3. Análisis de cargas	130
5.6.3.4. Longitud de los pilotes	132
5.6.3.5. Modelo de la fundación	133
5.6.3.6. Dimensionamiento armadura de la estructura de fundación	137
5.6.3.7. Verificación de la resistencia lateral del suelo	142
6. CONSIDERACIONES DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO	146
7. CONCLUSIONES	149
8. BIBLIOGRAFÍA	151
9. PLANOS	153
10. ANEXOS	154

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la ciudad de Reconquista ha experimentado un crecimiento sostenido tanto a nivel poblacional como en el desarrollo de actividades productivas y logísticas. Este proceso ha generado una expansión del tejido urbano que, en muchos casos, no ha sido acompañado por una planificación integral de la infraestructura de transporte, particularmente en lo que respecta a la circulación y permanencia de vehículos de gran porte.

En este contexto, el transporte de cargas pesadas se ha convertido en un factor crítico dentro del funcionamiento urbano. La ausencia de espacios específicos destinados al estacionamiento, espera y organización de camiones ha derivado en la ocupación de la vía pública y en la circulación de estos vehículos dentro del tejido urbano, generando una situación de conflicto entre el tránsito pesado y la dinámica de la ciudad. Esta problemática se traduce en múltiples consecuencias negativas, entre ellas la congestión del tránsito, el incremento del riesgo vial, el deterioro prematuro de la infraestructura urbana y la afectación directa a la calidad de vida de los habitantes.

A esta situación se suma un factor determinante: la presencia de infraestructura logística y portuaria en las cercanías de la ciudad, que actúa como un importante atractor de transporte de cargas. Las operaciones vinculadas a estos nodos suelen requerir la asignación de turnos para carga y descarga, lo que genera la necesidad de que los camiones arriben con anticipación y permanezcan en espera durante períodos variables. Ante la inexistencia de espacios adecuados para tal fin, estos vehículos tienden a concentrarse en accesos urbanos, banquetas o sectores residenciales, intensificando los problemas de congestión, desorden y seguridad vial.

Frente a esta situación, se vuelve evidente la necesidad de replantear la localización y organización del transporte de cargas, mediante la incorporación de infraestructura específica que permita ordenar esta actividad y reducir su impacto dentro de la ciudad.

El presente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de una playa de camiones en la ciudad de Reconquista, siendo una infraestructura estratégica para dar respuesta a la problemática existente. El mismo contempla el desarrollo de un predio diseñado para el ingreso, egreso, estacionamiento y operación de vehículos de transporte pesado, incluyendo áreas de circulación interna y un edificio destinado a la prestación de servicios a los transportistas. Asimismo, desde el punto de vista hidráulico, se realiza el análisis hidrológico e hidráulico del predio, junto con el diseño y adecuación del sistema de drenaje pluvial, cumpliendo los requerimientos de la normativa municipal y provincial vigente. Por otro lado, el proyecto incorpora la dimensión ambiental mediante la aplicación de criterios de sostenibilidad orientados a la mitigación de los impactos generados, tanto en términos hídricos como operativos.

2. OBJETIVOS

A continuación, se detallan los objetivos a lograr en este proyecto.

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un área destinada al estacionamiento, operación y servicios para transporte pesado, garantizando condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad y cumplimiento de la normativa vigente.

2.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar la infraestructura para la operación y servicios del transporte pesado.
- Realizar el análisis hidrológico e hidráulico y diseñar el sistema de drenaje pluvial acorde a la normativa municipal y provincial.
- Diseñar los accesos, egresos, circulación interna de camiones y áreas de estacionamiento según la demanda prevista, definiendo la estructura de pavimento y asegurando un flujo ordenado y seguro dentro del predio.
- Analizar aspectos ambientales vinculados con el proyecto.

2.3. ÁREAS PRINCIPALES A ABORDAR

Para el desarrollo integral del presente proyecto, se ha definido un abordaje multidisciplinario. A continuación, se detallan las disciplinas principales que serán estudiadas durante el desarrollo del mismo:

- Layout General
- Análisis Hidrológico - Hidráulico
- Análisis Circulación de vehículos
- Análisis Estructural de pavimentos e infraestructura de servicios
- Fundaciones
- Aspectos Ambientales

3. ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN

3.1. SELECCIÓN DEL TERRENO

3.1.1 Área mínima necesaria

La selección del terreno se fundamenta, entre otros aspectos, en la necesidad de disponer de una superficie suficiente para el correcto funcionamiento de la playa de camiones. La capacidad de la playa fue definida a partir de lineamientos proporcionados por la Municipalidad de Reconquista, que estableció como criterio de diseño una capacidad operativa objetivo de 160 camiones en simultáneo, valor que constituye la base para el dimensionamiento. Además, el mismo resulta consistente con el análisis de demanda realizado a partir del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de la Ruta Nacional N.º 11, principal vía de acceso a la ciudad para el transporte de cargas. Dado que esta ruta concentra la mayor parte del flujo de vehículos pesados que ingresan al área urbana, su análisis permite aproximar de manera representativa la demanda potencial de la playa. El desarrollo detallado de este análisis se presenta en apartados posteriores del informe.

A partir de este requerimiento, se procedió a estimar la superficie mínima necesaria considerando no solo el espacio destinado al estacionamiento de los vehículos, sino también las áreas de circulación interna y los sectores de servicios complementarios. Para el estacionamiento de camiones se adopta una superficie promedio de 120 m² por unidad. De este modo, la superficie destinada exclusivamente al estacionamiento se estima en 19.200 m².

A esta superficie debe adicionarse el área correspondiente a las circulaciones internas, que en este tipo de instalaciones representa aproximadamente un 60% adicional, en función de la necesidad de garantizar radios de giro adecuados y maniobras seguras. Asimismo, se incorporan los sectores destinados a servicios, estimándose entre un 10% y 20% de lo destinado a la circulación y estacionamiento.

Complementariamente, se prevé la incorporación de un espacio verde destinado a mejorar las condiciones ambientales del conjunto y generar áreas de descanso y permanencia para los usuarios. A tal fin, se reserva un porcentaje adicional del orden del 40% de la superficie total del predio.

En consecuencia, la superficie total requerida para el correcto funcionamiento de la playa, incluyendo estacionamiento, circulaciones, servicios y áreas verdes, se estima en un orden de magnitud como mínimo de 50.000 m².

3.1.2 Proceso de selección y alternativas descartadas

La selección del terreno para la implantación de la playa de estacionamiento se llevó a cabo mediante la evaluación de distintas alternativas, considerando criterios de accesibilidad, compatibilidad con el entorno, disponibilidad de superficie y condiciones del sitio.

Como antecedente, existía un anteproyecto que contemplaba la implantación de la playa en un terreno con acceso desde la Ruta Nacional N.º 11, como se muestra en la Figura 3.1.1. Sin embargo, dicha alternativa fue descartada debido a que se encontraba inserta en un área urbanizada, donde la operación de una playa de estacionamiento para transporte pesado generaba un impacto significativo sobre el entorno. Por este motivo se decidió replantear la localización del proyecto original y buscar una alternativa con menor interferencia sobre las áreas urbanas.



Figura 3.1.1: Ubicación de la primera alternativa. Fuente: Google Earth.

Posteriormente, la búsqueda se orientó hacia terrenos ubicados dentro del sector industrial que se indica en la Figura 3.1.2, compatibles con el uso previsto y con una superficie suficiente para albergar la totalidad de las instalaciones proyectadas.



Figura 3.2.2: Ubicación de la zona industrial. Fuente: Google Earth.

Entre las alternativas analizadas se identificó un predio, resaltado en color rojo en la Figura 3.2.3, que cumplía con los requerimientos de superficie. Sin embargo, el acceso al mismo se realizaba mediante una calle transversal a la Ruta Provincial N.º 40 que no se encontraba pavimentada. Su utilización hubiese requerido la ejecución de obras viales adicionales para

GRUPO 05: FABRIZIO, NARDELLI, ROBERTTI, TOSTI

Como resultado de este proceso se seleccionó el terreno finalmente adoptado, estratégicamente ubicado en un sector industrial y con acceso directo desde la Ruta Provincial N.º 40, vía que permite una adecuada conectividad con la Ruta Nacional N.º 11, uno de los corredores viales más importantes de la región, y a su vez con la Ruta Nacional A009. Se muestra en la Figura 3.2.4 la ubicación del terreno y las rutas mencionadas.



8/154

El terreno seleccionado se encuentra actualmente en desuso y cuenta con una superficie aproximada de 7 hectáreas, presentando una topografía aproximadamente llana. El mismo se muestra en la Figura 3.2.5. El mismo se encuentra ubicado a aproximadamente 3,4 km de la intersección entre la Ruta Nacional N.º 11 y la Ruta Provincial N.º 9, uno de los nodos viales más importantes de la ciudad de Reconquista.



Figura 3.2.2: Ubicación del terreno seleccionado. Fuente: Google Earth.

La localización elegida presenta condiciones favorables para la implantación de una playa de estacionamiento para vehículos pesados, debido a su cercanía con vías de circulación de alto tránsito de transporte de cargas, facilitando el ingreso y egreso de camiones sin interferir significativamente en la circulación urbana.

Asimismo, al encontrarse dentro de una zona industrial, el predio resulta compatible con las actividades logísticas previstas, ya que este tipo de área está destinada al emplazamiento de infraestructuras vinculadas al transporte, almacenamiento y operación de cargas. Esta característica no solo favorece la funcionalidad del proyecto, sino que además minimiza posibles conflictos con usos residenciales o comerciales.

Además, la ubicación seleccionada presenta una ventaja significativa en términos de conectividad vial y operatividad logística. Desde el predio, los vehículos pesados pueden acceder de manera directa al puerto utilizando la Ruta Provincial N.º 40, conectando posteriormente con la Ruta Nacional N.º 11 y continuando por la Ruta Nacional A009 hasta el área portuaria. Esta configuración permite que los camiones realicen sus desplazamientos sin necesidad de ingresar al entramado urbano de la ciudad, evitando la circulación por calles internas. Se muestra en la Figura 3.2.3 la ubicación del puerto respecto de la ciudad.

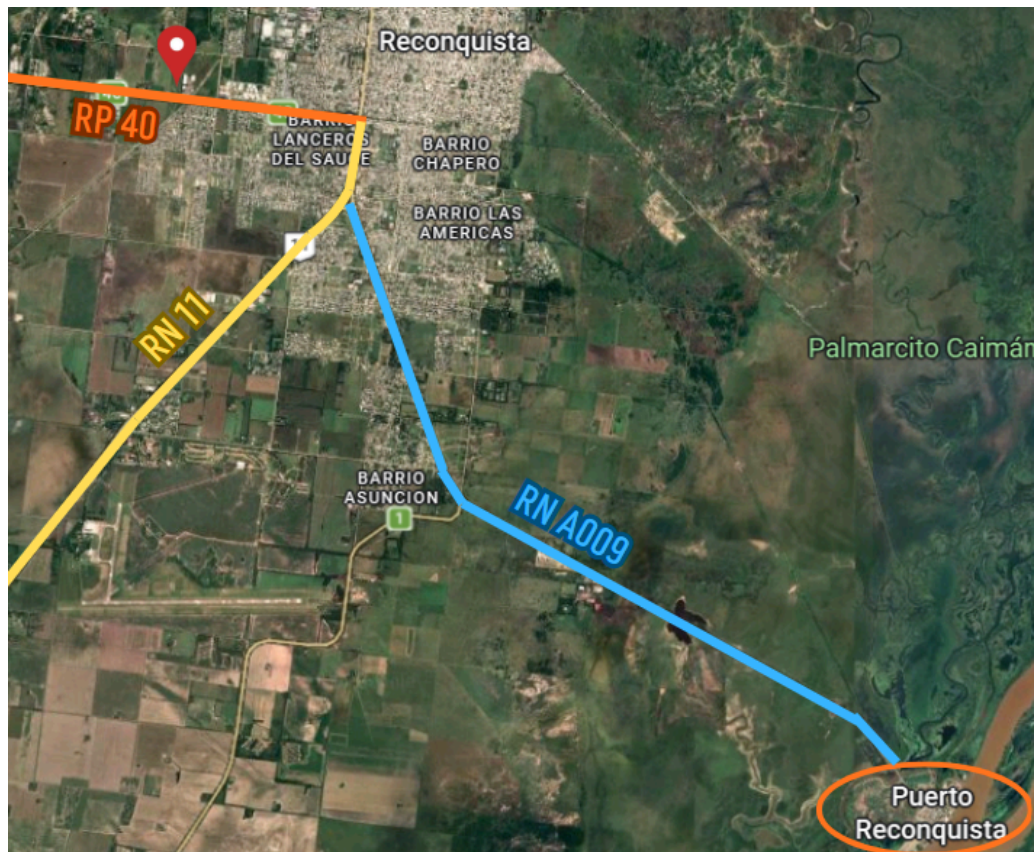


Figura 3.2.3: Ubicación del puerto respecto de la ciudad. Fuente: Google Earth.

La vinculación con la red vial principal, la cercanía al puerto y la disponibilidad de espacio en un entorno industrial convierten al terreno seleccionado en una alternativa adecuada para responder a la demanda operativa del transporte pesado, garantizando accesibilidad, eficiencia logística y condiciones aptas para el desarrollo de las instalaciones proyectadas.

4. MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1. LAYOUT GENERAL

El diseño del layout general de la playa de camiones se desarrolló considerando diversos factores técnicos y operativos, con el objetivo de garantizar un funcionamiento eficiente, seguro y ordenado del predio. Para la definición de la disposición de las distintas áreas, se analizaron antecedentes de playas de estacionamiento para transporte pesado y centros logísticos, adoptando criterios de diseño que optimizan la circulación y la prestación de servicios al transportista.

El proyecto se organiza a partir de una lógica clara de funcionamiento vehicular, donde la implantación responde principalmente a la necesidad de ordenar, jerarquizar y hacer eficiente el flujo de camiones dentro del predio. En este sentido, la disposición general se estructura a partir de un esquema lineal vinculado a la Ruta Provincial N°40, que actúa como único soporte de accesibilidad.

Una vez dentro del predio, el layout organiza los distintos sectores en función de su grado de uso y su relación con el movimiento de los vehículos. Se reconoce una zonificación funcional bien definida:

- **Sector de acceso y control**, donde se concentran los usos administrativos, garita de control del ingreso y egreso y edificio para la prestación de servicios a los transportistas.
- **Sector operativo principal**, destinado al estacionamiento de camiones, con calles de circulación amplias y radios de giro adecuados.
- **Sectores de servicios de mantenimiento a los transportes**, ubicados estratégicamente para no interferir con el flujo principal pero manteniendo cercanía funcional (lavadero, gomería, lubricentro).

Se consideró como criterio para la ubicación del edificio de servicios que las funciones de mayor permanencia se ubiquen en el frente del predio, mientras que las actividades más intensivas y propias del movimiento vehicular se desarrollen hacia el interior, habiendo una distancia entre estas actividades claramente diferenciadas.

Otro de los aspectos centrales del diseño fue la organización de la circulación interna de los vehículos pesados. En este sentido, se proyectó un esquema que minimiza interferencias entre flujos, diferenciando claramente los recorridos de ingreso, egreso y circulación dentro del predio. Se prestó especial atención al diseño geométrico de los caminos internos, considerando radios de giro adecuados y anchos de calzada suficientes para permitir maniobras seguras y fluidas.

Asimismo, se definió una ubicación para el acceso principal, incorporando una garita de control integrada al edificio de servicios que permite regular el ingreso y egreso de los vehículos, garantizando condiciones de seguridad y control operativo.

Los caminos internos estarán completamente pavimentados para garantizar el tránsito eficiente y seguro de los vehículos pesados. Se proyectó también un estacionamiento de vehículos particulares tanto para el personal interno, como para quienes deseen acceder para

resolver alguna cuestión administrativa. Además se diseñó la circulación peatonal priorizando que se realice de la manera más directa y segura posible.

Por otro lado, se tuvieron en cuenta las características topográficas del terreno y se diseñó un sistema de drenaje pluvial eficiente que evite la acumulación de agua en zonas de circulación y estacionamiento, drenando las aguas hacia un reservorio de descarga ubicado en el punto más bajo del terreno.

Puede verse en la Figura 4.1.1 y en el [Plano 02 - Layout general](#) el diseño adoptado para una mayor comprensión de los siguientes ítems.

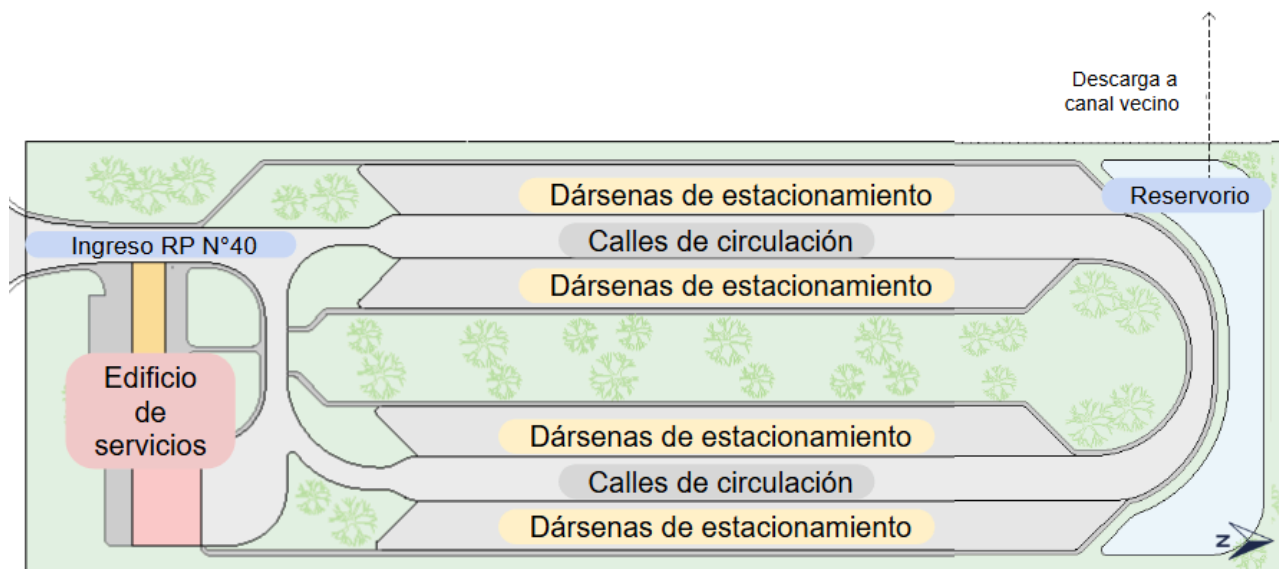


Figura 4.1.1: Implantación del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

4.2. ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Inicialmente se realizó el análisis de la hidrología externa, donde se puede observar a partir de la Figura 4.2.1 que las curvas de nivel están marcando un bajo en el terreno vecino del lado Oeste.

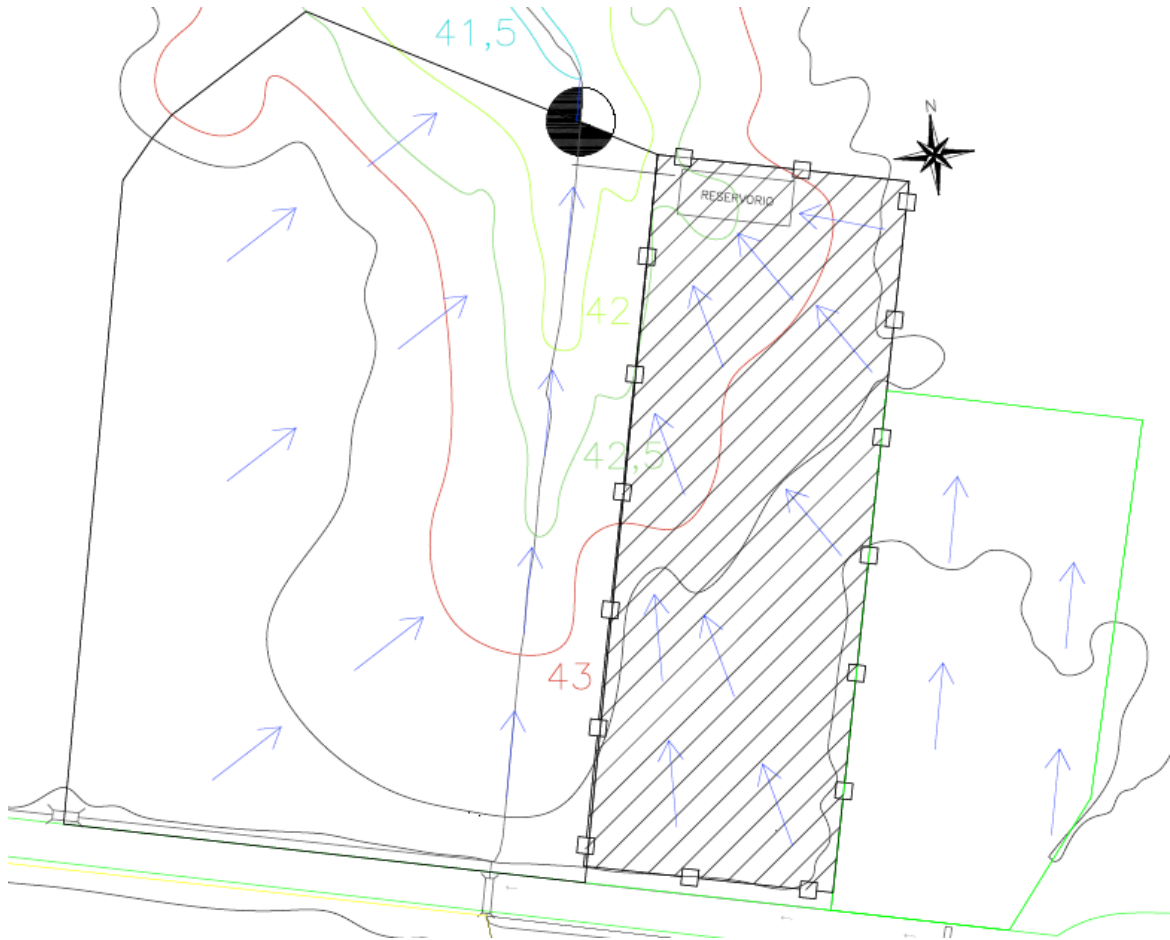


Figura 4.2.1: Ubicación del terreno y curvas de nivel.

La topografía de los terrenos aledaños evidencia que el escurrimiento superficial está controlado por la pendiente natural del terreno, definida por las curvas de nivel. Las cotas más elevadas se localizan principalmente en el sector sur y sudoeste, donde se observan niveles cercanos a 43,5 m, mientras que las cotas disminuyen progresivamente hacia el norte, alcanzando aproximadamente 41,5 m. En consecuencia, el sentido predominante del escurrimiento superficial es de sur a norte.

Los aportes provenientes de los terrenos vecinos ubicados al oeste y al este del predio tienden a dirigirse hacia la depresión natural donde se desarrolla el canal existente. Las curvas de nivel muestran una convergencia del flujo hacia este eje de drenaje, indicando que el canal intercepta gran parte de los escurrimientos generados en las cuencas externas antes de que continúen aguas abajo.

En el sector oeste, las curvas de nivel presentan una pendiente continua hacia el canal, por lo que los excedentes hídricos de ese terreno descargan naturalmente sobre el eje de drenaje.

[Volver al índice](#)

De forma similar, los terrenos ubicados al este poseen una pendiente dirigida hacia la misma depresión, contribuyendo también al caudal que circula por el canal existente. De esta manera, el canal funciona como un colector natural de los aportes provenientes de ambas márgenes.

En cuanto al canal existente, mediante observaciones se determinó una sección trapezoidal con una base de fondo de tres metros y una profundidad de 1 metro. Además se determinó el caudal que circula por el mismo para diferentes recurrencias, a los fines de evaluar la inundabilidad del lote según lo indica la ley provincial 11730, mediante el método racional el cual parte de las siguientes consideraciones:

- La intensidad de la lluvia es constante en el tiempo y en el área de la cuenca.
- La relación entre caudal que ingresa y sale de la cuenca es constante en el tiempo (no considera la pérdida de capacidad de infiltración del suelo a lo largo de la tormenta).

El caudal generado por las cuencas es proporcional al caudal de lluvia caída, entonces se hizo uso de la Ecuación:

$$Q=A \cdot I \cdot C$$

Donde:

- Q: caudal [m³/s]
- A: área de la cuenca [km²]
- I: intensidad de lluvia [mm/h]
- C: coeficiente de escorrentía

. Con este objetivo, se realizó un estudio hidrológico de la zona de influencia a fin de identificar los aportes que recibe el canal, en la Figura 4.2.2 se pueden ver las cuencas que aportan al mismo.

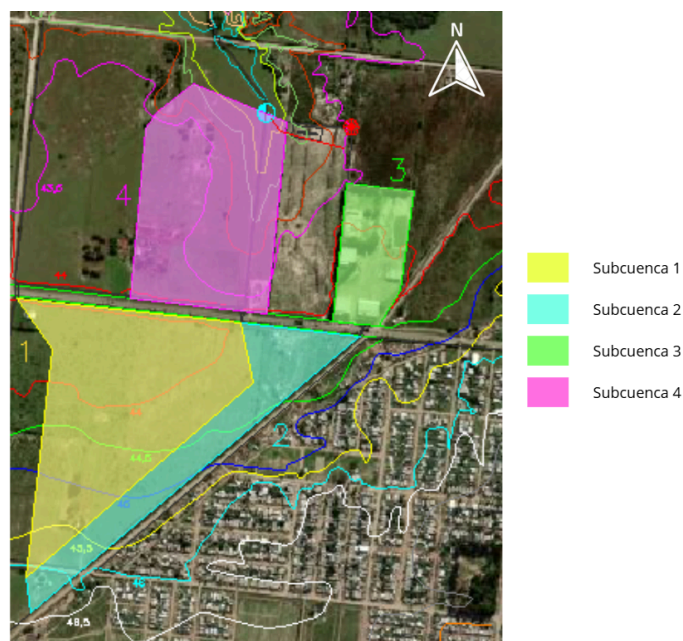


Figura 4.2.2: Ubicación del terreno y curvas de nivel.

Luego se realizó un análisis del terreno correspondiente al proyecto, considerando especialmente las características topográficas del mismo a los fines de desarrollar el proyecto de desagües pluviales según la ley provincial 13246 y la Resolución de la Secretaría de Recursos Hídricos 736. A partir de dicho estudio, se determinó la ubicación del reservorio necesario para el correcto escurrimiento. En función de las pendientes naturales del terreno, el reservorio fue emplazado en el punto de menor cota, situado al norte del predio como se observa en la Figura 4.2.3. Esta ubicación permite una adecuada captación del agua superficial, la cual descarga hacia un canal preexistente ubicado en el terreno lindero.



Figura 4.2.3: Ubicación del terreno y canal preexistente de descarga. Fuente: Google Earth.

Luego, se definieron los desagües internos mediante tres canales principales que descargan en el reservorio, dos en los laterales del terreno y uno central tal como se observa en la Figura 4.2.4. Estos canales internos reciben el aporte proveniente de las áreas de circulación y estacionamiento a partir de las pendientes superficiales previstas en el diseño, permitiendo que el escurrimiento se produzca de manera mantiforme, sin encauzamiento previo. Mientras que, las superficies correspondientes al área de servicios cuentan con un sistema de conducción más controlado, el agua es recolectada mediante cordón cuneta y dirigida hacia el canal ubicado en el lateral derecho.

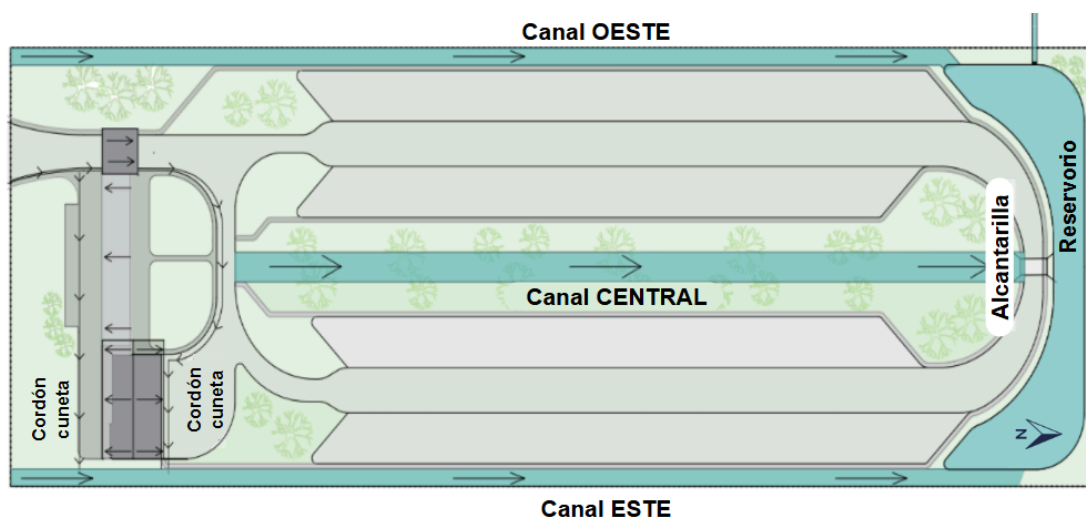


Figura 4.2.4: Escurrimientos internos. Fuente: Elaboración propia.

4.3. CIRCULACIÓN DENTRO DEL PREDIO

El esquema circulatorio del predio fue pensado a partir de la necesidad de garantizar un funcionamiento ordenado, seguro y eficiente para los distintos tipos de usuarios y vehículos que interactúan dentro de la playa de camiones. Para ello, se definieron circuitos diferenciados según el tipo de circulación, logrando la menor interferencia posible entre vehículos pesados, vehículos particulares y recorridos peatonales. Se muestra en la figura 4.3.1 esquemáticamente las circulaciones.

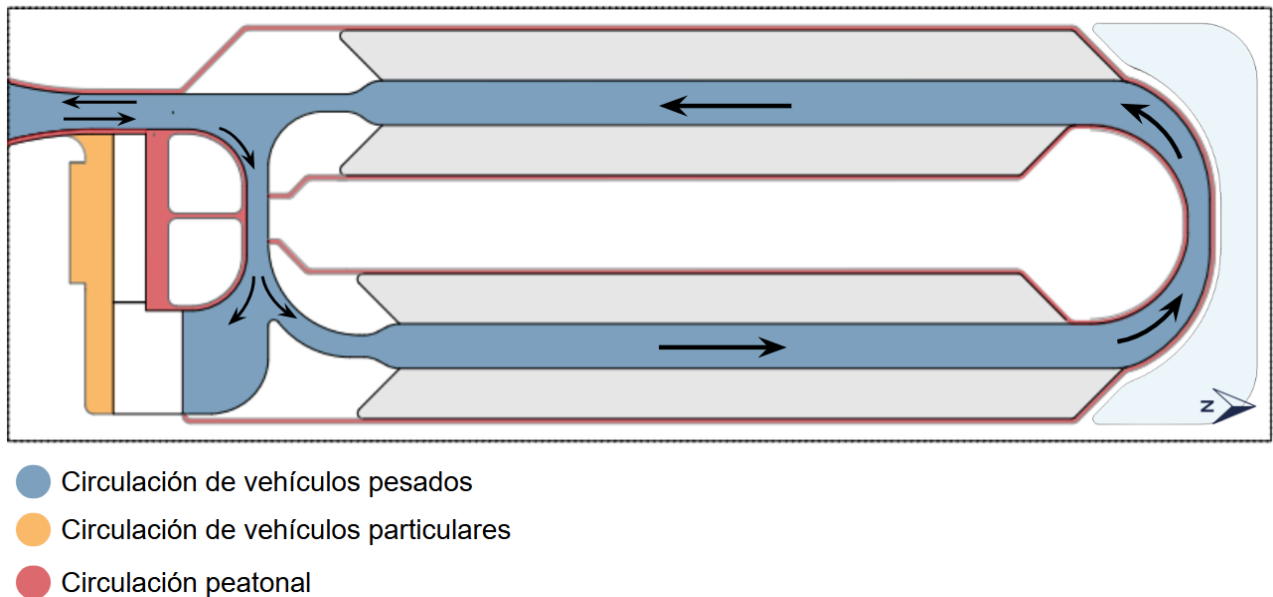


Figura 4.3.1: Esquema de circulación interna dentro del predio. Fuente: Elaboración propia.

La circulación principal de vehículos pesados se organiza mediante un circuito continuo de sentido único, pensado para facilitar las maniobras de ingreso, circulación interna y egreso de los camiones, minimizando cruces y puntos de conflicto. Para el diseño de esta circulación se adoptó como vehículo de diseño el modelo WB-19, definido por la normativa de AASHTO 2004, representativo de las configuraciones de transporte que operarán en el predio. A partir de este vehículo se definieron los anchos de calzada, los radios de giro y las dimensiones necesarias para asegurar maniobras seguras y fluidas dentro de la playa.

Por otro lado, la circulación de vehículos particulares se resuelve de manera independiente, vinculando el sector de estacionamiento y servicios sin interferir con el tránsito pesado.

La circulación peatonal dentro del predio se resolvió mediante una red de recorridos que conecta los distintos sectores de estacionamiento (tanto de camiones como de vehículos particulares) con el edificio de servicios y las áreas de permanencia exterior. El mismo se materializa a través de un camino de 1,50 m de ancho ejecutado con pavimento de adoquines de hormigón intertrabados, elegido por su durabilidad y adecuada adaptación a espacios exteriores de uso intensivo. El paquete estructural del mismo se muestra en la Figura 4.3.2.

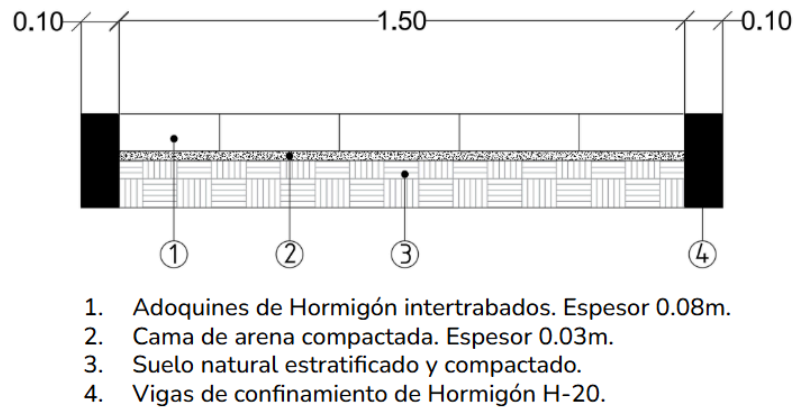


Figura 4.3.2: Paquete estructural de caminos peatonales. Fuente: Elaboración propia

Complementariamente, se prevé la incorporación de señalización horizontal en todos aquellos puntos donde el peatón deba necesariamente atravesar flujos vehiculares. Estas sendas peatonales permiten reforzar la seguridad dentro del predio, ordenando los cruces y mejorando la visibilidad tanto para peatones como para conductores de camiones.

4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN

Se deberá proyectar el diseño geométrico de un empalme entre el ingreso a la playa de estacionamiento y la Ruta Provincial N° 40, que se adapte de manera apropiada a los requisitos del tránsito.

Para el diseño de la misma, se realizó un análisis basado en la seguridad y economía y se proyectó una intersección a nivel con giro a 90° con la incorporación de carriles de aceleración, deceleración y dársena de espera para el ingreso y egreso con giro a izquierda.

Asimismo, se adoptó una resolución geométrica del ingreso mediante una curva compuesta de tres centros, adecuada para la circulación del vehículo de diseño definido previamente para el diseño de la circulación dentro del predio.

También deberá proyectarse una alcantarilla transversal debido al acceso proyectado sobre la cuneta de la RP N° 40.

Se muestra en la Figura 4.4.1 el diseño resultante pudiendo observarse en mayor detalle en el [Plano 03 - Diseño de intersección](#).

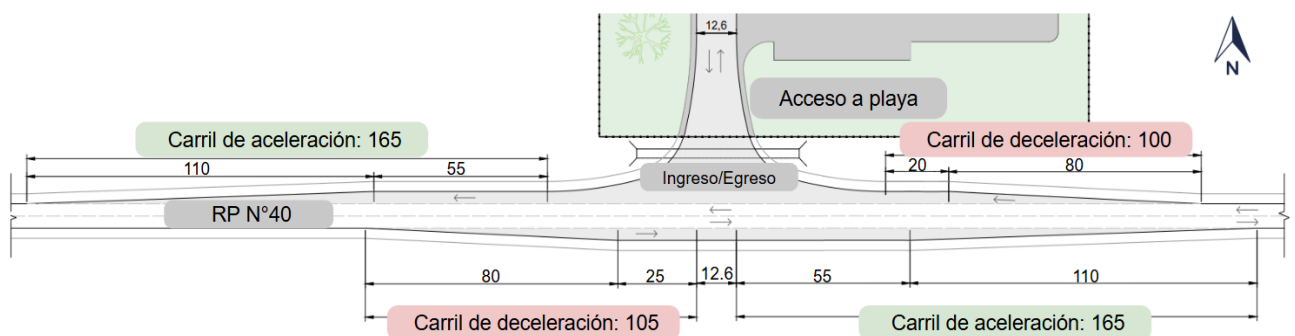


Figura 4.4.1. Diseño de la intersección. Fuente: Elaboración propia

4.5. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

El diseño de los pavimentos correspondientes a la playa de camiones y sus accesos contempla la utilización de estructuras tanto rígidas como flexibles. Para las calles de circulación interna y las dársenas de estacionamiento de camiones se proyecta un pavimento rígido, mientras que para los carriles de acceso desde la Ruta Provincial N.º 40 hacia la playa se adopta una solución de pavimento flexible.

La Figura 4.5.1 presenta la distribución de los distintos tipos de pavimento dentro del área de intervención del proyecto. En ella, el pavimento flexible se representa en gris oscuro, mientras que el pavimento rígido se identifica en gris claro.

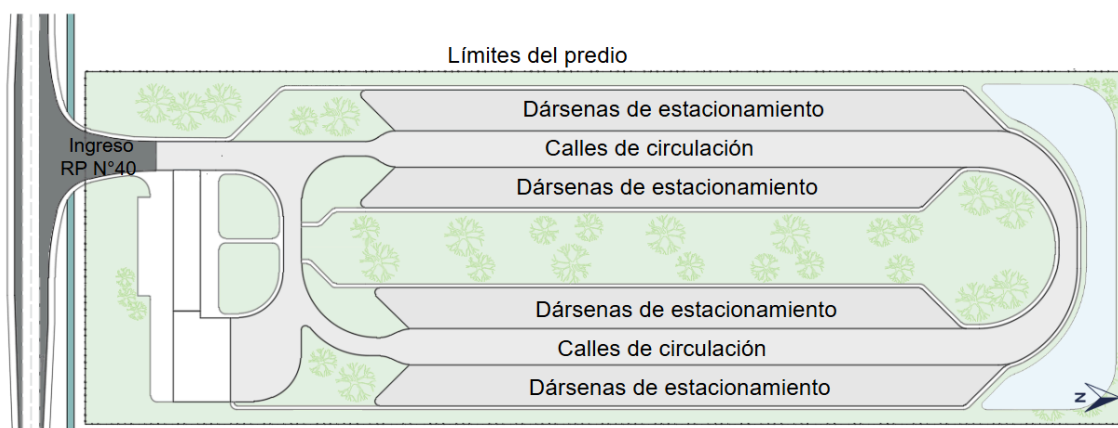


Figura 4.5.1. Distribución planimétrica del pavimento rígido y flexible. Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de ambos pavimentos se determinó un TMDA de 320 camiones con una tasa de crecimiento nula durante todo el período de diseño planteado.

En la memoria de cálculo, en los ítems 5.3 y 5.4 se detallan los cálculos e hipótesis adoptadas para el diseño de ambos tipos de pavimento.

En el “[Plano 03.5 - Perfiles tipo de pavimento](#)” se prestan los perfiles de pavimento rígido y de pavimento flexible.

4.5.1 Estructura de pavimento rígido

El diseño del mismo se realizó a través del Método de la “Portland Cement Association 1984”, utilizando el software del Instituto del Cemento Portland Argentino.

La estructura adoptada para los carriles de circulación interna y dársenas de estacionamiento se muestra en la Figura 4.5.2

	Losa de hormigón tipo HP 4,7 MPa, e=23 cm
	Base anti bombeo de hormigón pobre tipo H-8, e=12 cm
	Subrasante de suelo local tratada con cal (CBR = 5%)

Figura 4.5.2. Estructura de pavimento rígido adoptada. Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Estructura de pavimento flexible

A fin del diseño del pavimento flexible, se utilizó el método AASHTO'93. Este es un método empírico basado en los resultados obtenidos en una serie de pistas construidas en Ottawa, Illinois, EEUU.

La estructura adoptada para los carriles de aceleración y deceleración y el carril de acceso se muestra en la Figura 4.5.3.

	Carpeta de Mezcla asfáltica CAC D19 CA30; e=5cm
	Base superior de Mezcla asfáltica CAC D19 CA30; e= 5cm
	Base de Estabilizado granular; compactación 97% Proctor T180 e=15cm (CBR=80%)
	Sub base de Suelo Cal; compactacion 95% Proctor Tipo III e=15cm (CBR=20%)
	Subrasante de suelo local tratada con cal (CBR = 5%)

Figura 4.5.3. Estructura de pavimento flexible adoptada. Fuente: Elaboración propia

Luego, para la definición de la banquina pavimentada se consideran dos criterios principales. En primer lugar, mantener una estructura compatible con la de los carriles de aceleración y desaceleración, simplificando las tareas constructivas y la ejecución de la obra. En segundo lugar, optimizar el consumo de mezcla asfáltica, utilizándose solamente para la carpeta de rodamiento. En la Figura 4.5.4 se observa la estructura adoptada.

	Carpeta de Mezcla asfáltica CAC D19 CA30; e=5cm
	Base de Estabilizado granular; compactación 97% Proctor T180 e=15cm (CBR=80%)
	Sub base de Suelo Cal; compactacion 95% Proctor Tipo III e=15cm (CBR=20%)
	Subrasante de suelo local tratada con cal (CBR = 5%)

Figura 4.5.4. Estructura de banquina pavimentada. Fuente: Elaboración propia.

4.6. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

El edificio de servicios se concibe a partir de una implantación lineal paralela a la Ruta Provincial N°40, lo cual busca consolidar un frente continuo y fácilmente reconocible desde la vía de acceso. Se optó por separarlo del sector de estacionamiento de camiones, entendiendo que la proximidad inmediata a este tipo de uso implica condiciones poco favorables, tales como ruidos constantes, emisiones de gases, polvo en suspensión y contaminación visual. Lo mencionado se muestra en la Figura 4.6.1.

Como se mencionó anteriormente, el edificio está dividido en un sector de servicios a los transportistas y otro de servicios para el mantenimiento del transporte.

Dentro de los mismos se identifican distintos paquetes funcionales, como puede observarse en la Figura 4.6.2.

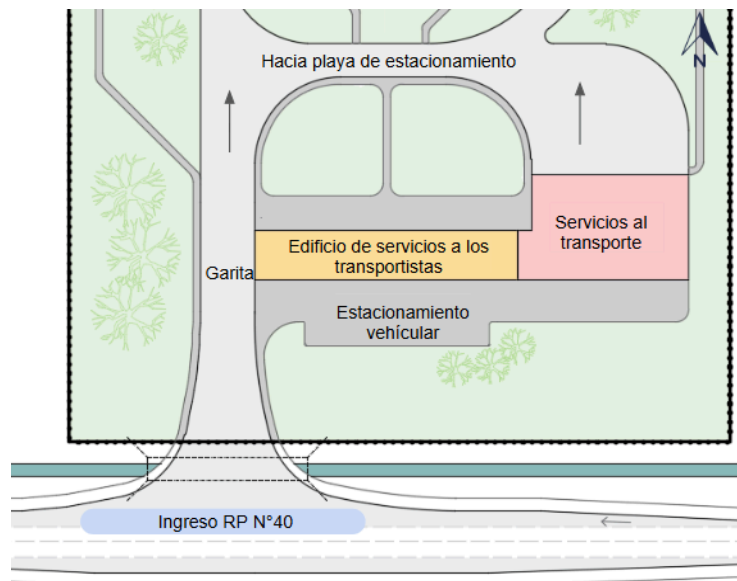


Figura 4.6.1. Ubicación del edificio. Fuente: Elaboración propia

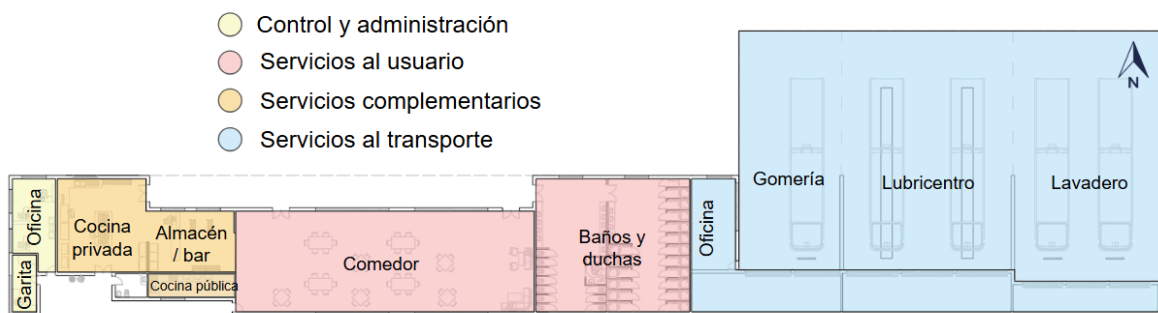


Figura 4.6.2. Planta del edificio. Paquetes funcionales. Fuente: Elaboración propia

- Control y administración: garita y oficina, vinculadas directamente al acceso vehicular, garantizando visibilidad y control sobre ingresos y egresos.
- Servicios al usuario: baños, duchas y comedor, que constituyen el núcleo de uso intensivo por parte de los transportistas.
- Servicios complementarios: cocina pública, cocina privada, almacén/bar, pensados para abastecer tanto el comedor como el consumo general.
- Servicios al transporte: lavadero, lubricentro y gomería con sus respectivos depósitos de guardado y un sector administrativo y de descanso del personal.

Además de los espacios interiores de permanencia, el proyecto incorpora distintos sectores exteriores distribuidos a lo largo del predio destinados al descanso y actividades de los usuarios.

Asimismo, se incorpora un sector específico con parrillas y mesas, considerando las actividades que desarrollan los transportistas. Se entiende esto como una práctica frecuente entre camioneros durante los tiempos de espera y descanso, por lo que el proyecto busca contemplarlo más allá de los requerimientos estrictamente funcionales.

Todo lo expuesto se observa en los planos y se desarrolla y explica con mayor profundidad en el [Ítem 5.5](#) dentro de la memoria de cálculo del presente informe.

4.7. DISEÑO ESTRUCTURAL

El proyecto se resuelve mediante un sistema estructural mixto, diferenciando claramente dos tipologías:

- Estructuras metálicas livianas de gran luz destinadas a cubiertas operativas (tipología similar a las utilizadas en estaciones de servicio)
- El edificio central de servicios y espacios cerrados se resuelve mediante un sistema constructivo de Steel Framing

Esta diferenciación responde a criterios funcionales, constructivos y económicos:

- Maximizar la libertad de circulación de camiones mediante cubiertas metálicas de gran luz.
- Resolver los espacios cerrados mediante un sistema liviano de rápida ejecución en seco, adecuado para este tipo de usos y con buen desempeño térmico.
- Optimizar los tiempos y costos de ejecución, facilitando la construcción por etapas y la posible ampliación futura.

Lo mencionado se muestra en la figura 4.7.1.

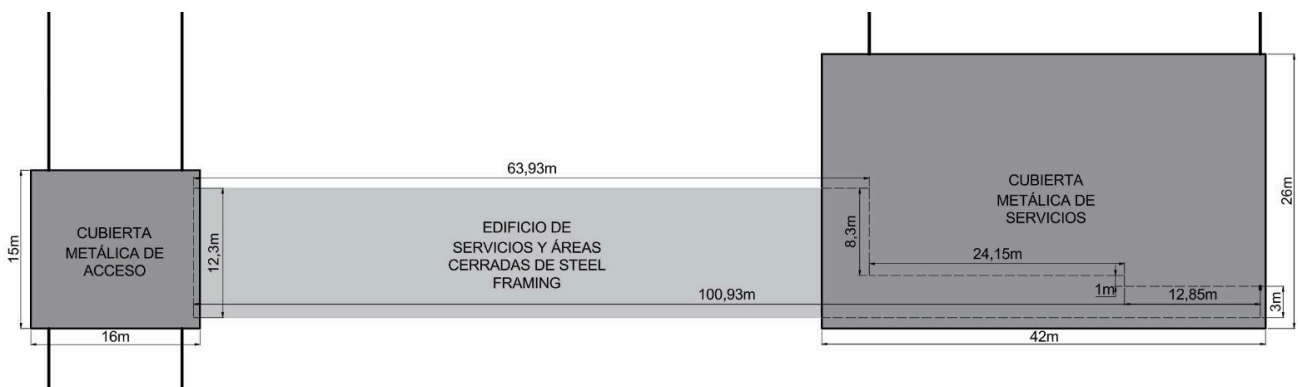


Figura 4.7.1. Tipologías estructurales. Fuente: Elaboración propia

4.7.1 Cubiertas metálicas de gran luz

4.7.1.1 Descripción general

Se proyectan dos cubiertas metálicas independientes, ambas de carácter abierto (sin cerramientos laterales ni frontales):

1. Cubierta de acceso: esta se ubica en el ingreso, asociada a la garita de control y es la cubierta de menor escala.
2. Cubierta principal operativa: está cubierta de mayor dimensión cubre las áreas de lubricentro, gomería y lavadero.

Ambas cubiertas responden a una tipología similar a las utilizadas en estaciones de servicio, con el objetivo de minimizar la cantidad de apoyos y garantizar la libre circulación de vehículos de gran porte.

En el presente informe se realizará el análisis estructural de la cubierta principal operativa únicamente.

4.7.1.2 Sistema estructural adoptado

Las cubiertas se resuelven mediante:

- Columnas metálicas: se materializan a partir de tubos cuadrados de acero laminado.
- Vigas reticuladas: se materializan a partir de perfiles laminados tipo W que conforman los cordones de las vigas y perfiles ángulos unidos por presillas que conforman los montantes y diagonales.
- Tensores: ubicados en los extremos de la cubierta, materializados mediante barras de sección circular
- Correas reforzadas (puntales): se colocan longitudinalmente, su sección está formada por dos perfiles c conformados en frío, formando una sección cajón.
- Tornapuntas: se colocan a 45 grados en el cordón inferior de las vigas transversales y van agarrados a los puntales. Se materializan mediante dos perfiles ángulo unidos por presillas.

Las ocho columnas de la cubierta principal operativa trabajan como ménsulas, sobre las cuales se apoya la cubierta, conformada por siete vigas reticuladas transversales y dos vigas reticuladas longitudinales. Asimismo, el sistema estructural se completa con tensores y puntales ubicados a nivel del cordón superior de las vigas, y con tornapuntas destinados al arriostramiento de los cordones inferiores de las vigas reticuladas transversales.

4.7.1.3 Dimensiones

Cubierta de acceso: la cubierta ubicada en el sector de ingreso presenta dimensiones en planta de 15,00 m x 16,00 m. La estructura se organiza mediante una modulación como la mostrada en la figura 4.7.2.

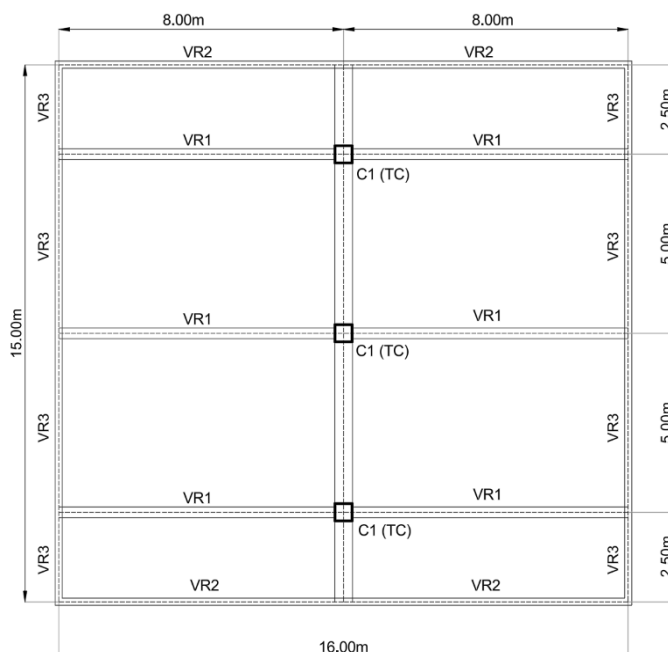


Figura 4.7.2. Modulación estructural cubierta de acceso (medidas en m). Fuente: Elaboración propia

Cubierta principal operativa: la cubierta de mayor dimensión, correspondiente al sector de lubricentro, gomería y lavadero, presenta dimensiones en planta de 42,00 m x 26,00 m. La modulación estructural se muestra en la figura 4.7.3.

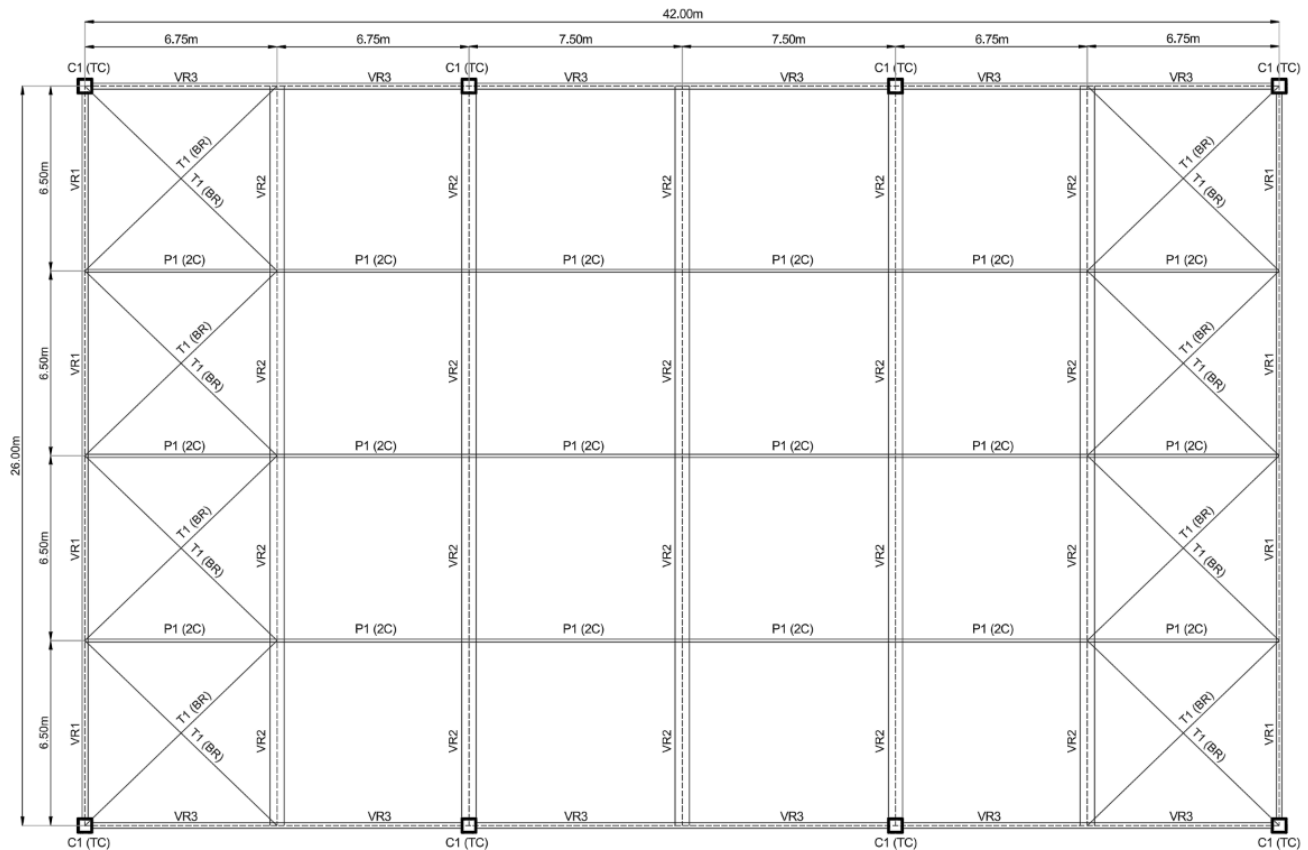


Figura 4.7.3. Modulación estructural cubierta principal operativa (medidas en m). Fuente: Elaboración propia

La figura anterior se muestran los elementos antes mencionados en el presente apartado, las vigas V1 y V2 son las vigas transversales, las vigas V3 son las vigas longitudinales ubicadas a los laterales, con la la letra T se indican los tensores, con la letra P los puntales y con la letra C las columnas.

Altura de cubiertas: ambas cubiertas se proyectan con una altura libre de 5,80 m, medida desde el nivel de piso terminado hasta el cielorraso de chapa, garantizando el gálibo necesario para la circulación de vehículos de gran porte y permitiendo condiciones operativas seguras.

Se muestran en las figuras 4.7.4 y 4.7.5 vistas esquemáticas de ambas cubiertas para representar los elementos y las alturas de estas.

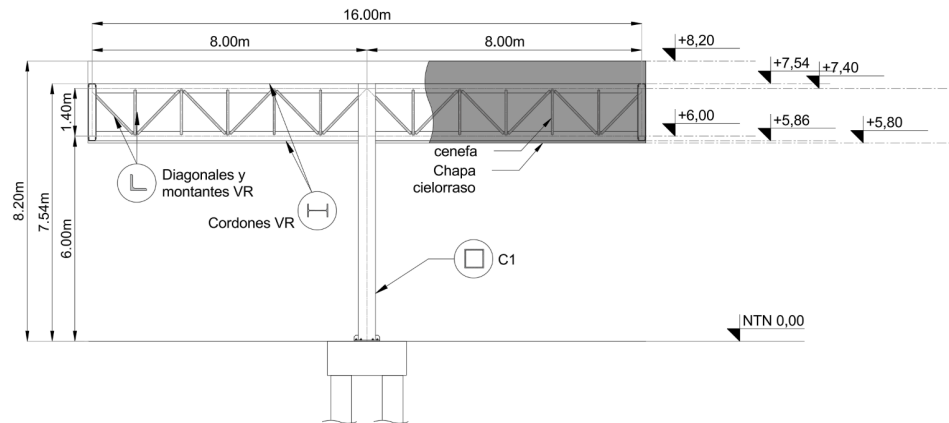


Figura 4.7.4. Vista de cubierta de acceso. Fuente: Elaboración propia

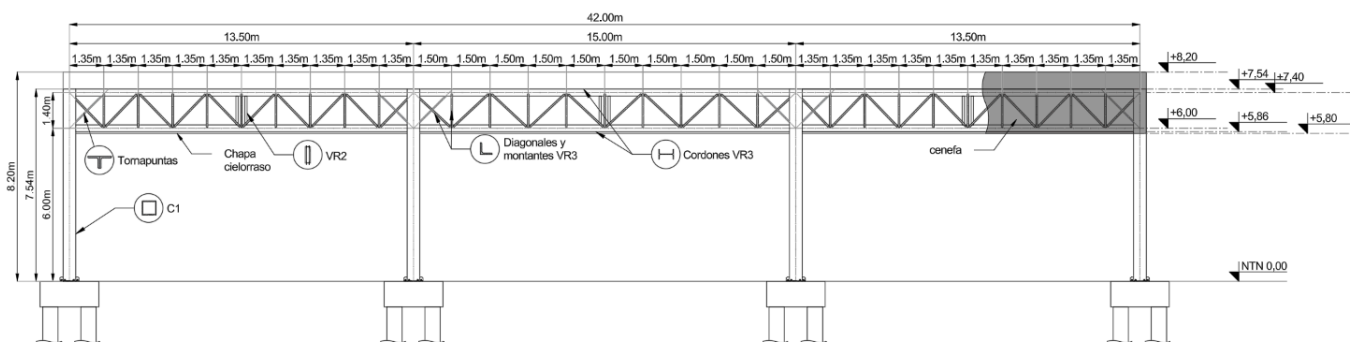


Figura 4.7.5. Corte esquemático de cubierta principal operativa. Fuente: Elaboración propia

4.7.1.3 Apoyos y fundaciones

Dado que son estructuras livianas pero con grandes luces, se adoptan fundaciones profundas mediante pilotes. Se muestra en las figuras 4.7.6 y 4.7.7 las plantas de ambas cubiertas con la solución adoptada para las fundaciones de las columnas, esta consiste en cabezales prismáticos con 4 pilotes para cada columna.

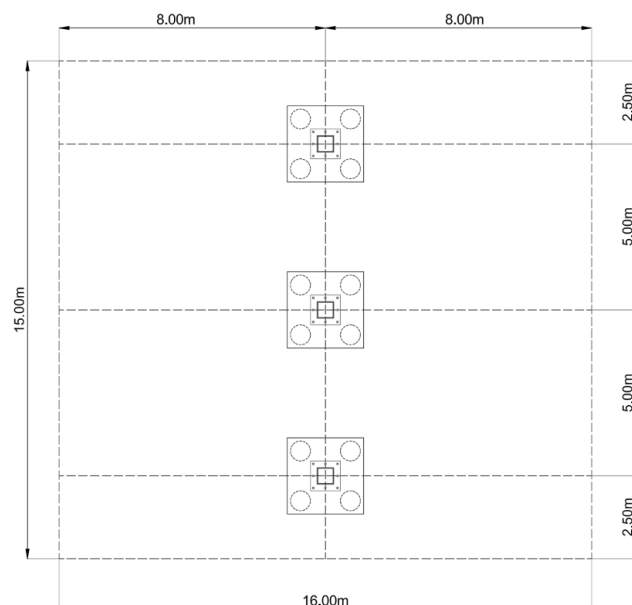


Figura 4.7.6. Fundaciones columnas cubierta de acceso. Fuente: Elaboración propia

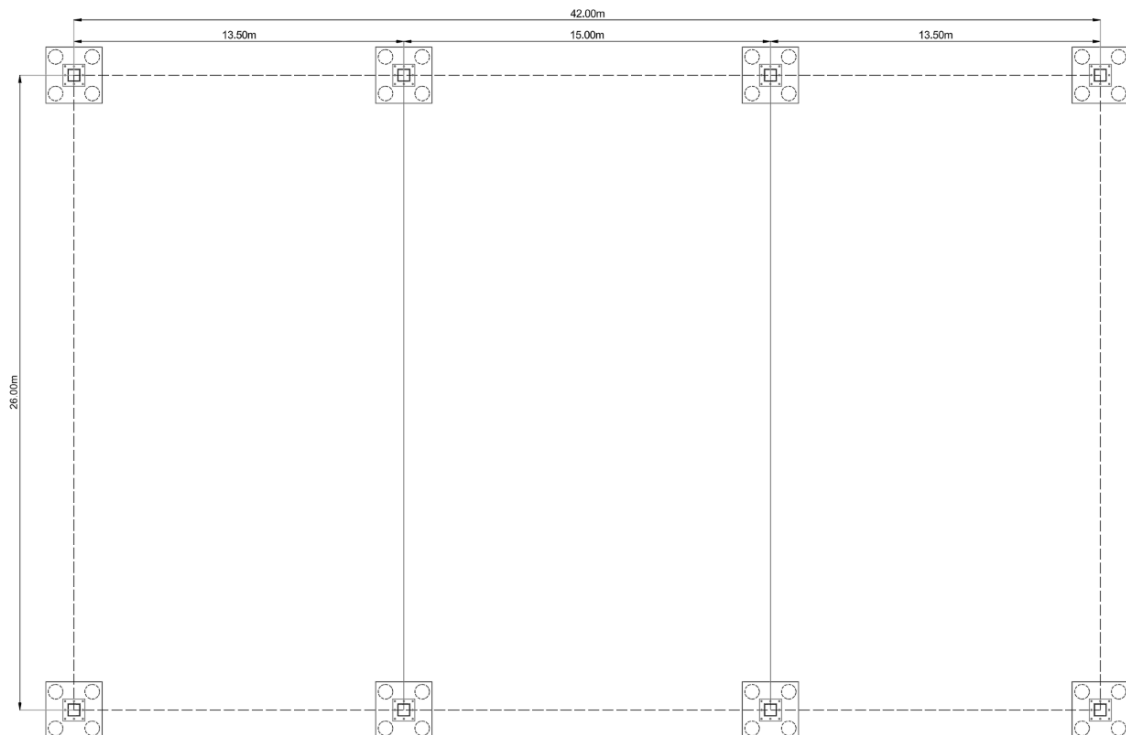


Figura 4.7.7. Fundaciones columnas cubierta principal. Fuente: Elaboración propia

4.7.1.2 Sistema de cubiertas y terminaciones

La resolución de la cubierta se completa mediante correas metálicas materializadas con perfiles C conformados en frío, sobre las cuales se dispone una chapa trapezoidal galvanizada. La misma se coloca con la pendiente adecuada para asegurar la correcta evacuación del agua de lluvia (5%)

En la cubierta de ingreso, el escurrimiento del agua de lluvia se conduce hacia canaletas dispuestas a lo largo de los ejes estructurales que vinculan las columnas. Estas se proyectan con pendiente longitudinal, permitiendo dirigir el agua hacia las bajadas pluviales, resueltas mediante conductos ubicados en el interior de las columnas y conectados al sistema general de desagüe pluvial.

En la cubierta principal operativa, en cambio, la geometría a dos aguas conduce el escurrimiento hacia los laterales de la estructura, donde se disponen canaletas longitudinales que recolectan el agua y la derivan hacia las bajadas pluviales ubicadas en las columnas laterales, desde donde finalmente se incorpora al sistema de desagüe pluvial.

Asimismo, la cubierta se completa con una cenefa perimetral vinculada a las vigas reticuladas de borde (V1 y V3), cuya función es ocultar la estructura resistente y las pendientes de la cubierta, contribuyendo a la expresión arquitectónica del conjunto. En el intradós se dispone un cielorraso suspendido de chapa, que mejora las condiciones estéticas del espacio cubierto.

5. MEMORIA DE CÁLCULO

5.1. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

5.1.1. Análisis de cuencas externas

Como se mencionó en el ítem 4.2, fue necesario conocer el caudal que circulaba por el canal preexistente donde descargara el reservorio. El cálculo se realizó para las recurrencias de 5 y 100 años de acuerdo a lo reglamentado en la ley provincial 11730. Este caudal se obtuvo haciendo uso del método racional el cual parte de las siguientes consideraciones:

- La intensidad de la lluvia es constante en el tiempo y en el área de la cuenca.
- La relación entre caudal que ingresa y sale de la cuenca es constante en el tiempo (no considera la pérdida de capacidad de infiltración del suelo a lo largo de la tormenta).

El caudal generado por las cuencas es proporcional al caudal de lluvia caída, entonces se hizo uso de la Ecuación:

$$Q=A \cdot I \cdot C$$

Donde:

- Q: caudal [m3]
- A: área de la cuenca [km2]
- I: intensidad de lluvia [mm/h]
- C: coeficiente de escorrentía

Inicialmente se requiere calcular el tiempo de concentración, en el cual una gota de lluvia tarda en recorrer la totalidad de la cuenca, para poder determinar la intensidad de la lluvia de diseño, para esto se utilizó el método cinemático dado por la siguiente ecuación:

$$T_c = \sum \frac{LONG. RECORRIDA}{V. ESCURRIMIENTO}$$

En nuestro caso el trayecto está compuesto por el escurrimiento mantiforme sobre el terreno natural L_m con una velocidad V_t y por el escurrimiento encauzado L_c con una velocidad V_c .

$$T_c = \frac{L_m}{V_t} + \frac{L_c}{V_c}$$

Se consideran las siguientes velocidades de referencia, las cuales están incluidas en el Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe, reglamentario de la Ley Provincial 13246, Figura 5.1.1:

Tipo de flujo	Vel [m/seg]
Flujo no concentrado en campos, zonas verdes, parques y jardines	0.10
Flujo no concentrado en pavimentos	0.35
Flujo en cordón-cuneta	0.60
Flujo en zanjas y canales excavados	1.10
Flujo en conductos de hormigón	1.30
Flujo en canales revestidos en hormigón	1.40

Figura 5.1.1: Velocidades de referencia. Fuente: Decreto 4841/2012 Pcia. Santa Fe.

V_r : Velocidad del agua de escurrimiento mantiforme (0,10 m/s)

V_c : Velocidad del agua sobre calle pavimentada (0,60 m/s)

Luego en base a T_c y según la recurrencia de diseño adoptada, se determina la intensidad I de la lluvia mediante las curvas IDR de la ciudad de Reconquista (Tabla 5.1.1):

Tabla 5.1.1: Curvas I-D-R de la Ciudad de Reconquista.

I D Tr RECONQUISTA (Serie 1970 - 2017)						
INTENSIDAD (mm / hr)						
min \ Tr ->	Tr = 2	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 25	Tr = 50	Tr = 100
5	170,77	219,49	250,26	287,83	315,05	341,73
10	149,43	192,05	218,97	251,85	275,67	299,01
15	128,08	164,62	187,69	215,87	236,29	256,3
30	73,53	94,5	107,75	123,93	135,65	147,13
60	42,69	54,87	62,56	71,96	78,76	85,43
120	26,09	33,53	38,23	43,97	48,13	52,21
180	21,35	27,44	31,28	35,98	39,38	42,72
360	13,64	17,53	19,99	22,99	25,16	27,29
720	8,6	11,05	12,6	14,49	15,86	17,21
1440	4,94	6,35	7,24	8,33	9,12	9,89
2880	2,7	3,5	4,04	4,71	5,21	5,71
4320	2,04	2,67	3,09	3,62	4,01	4,39

En cuanto al coeficiente de escorrentía C se hizo uso de los valores incluidos en el Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe, los cuales dependen del tipo de superficie, la pendiente del terreno y la recurrencia utilizada. En nuestro caso, contamos con un área no desarrollada con pastizales y una pendiente promedio del terreno aproximadamente de 0,47% (0-2%), obtenemos así los siguientes valores del coeficiente para cada recurrencia:

- $R = 5 \text{ años} \rightarrow C = 0,28$
- $R = 100 \text{ años} \rightarrow C = 0,41$

Entonces es necesario conocer las cuencas que aportan al canal y los diferentes recorridos que realiza el escurrimiento superficial para llegar al mismo.

En primer lugar se establecieron dos cuencas, estas fueron denominadas Este y Oeste como se observa en la Figura 5.1.2, de las cuales se sumarán los caudales para obtener el total sobre el canal.



Figura 5.1.2: Áreas de cuencas externas Este y Oeste. Fuente: Elaboración propia (Google Earth).

Luego estas cuencas se dividieron en cuatro subcuencas según como escurren las aguas dentro de los terrenos y hacia dónde desaguan, las mismas establecen diferentes recorridos del escurrimiento superficial, otorgando así diferentes tiempos de concentración, según la longitud y la velocidad de escurrimiento, ver Figura 5.1.3. Realizado esto, se adoptó el mayor tiempo de concentración.

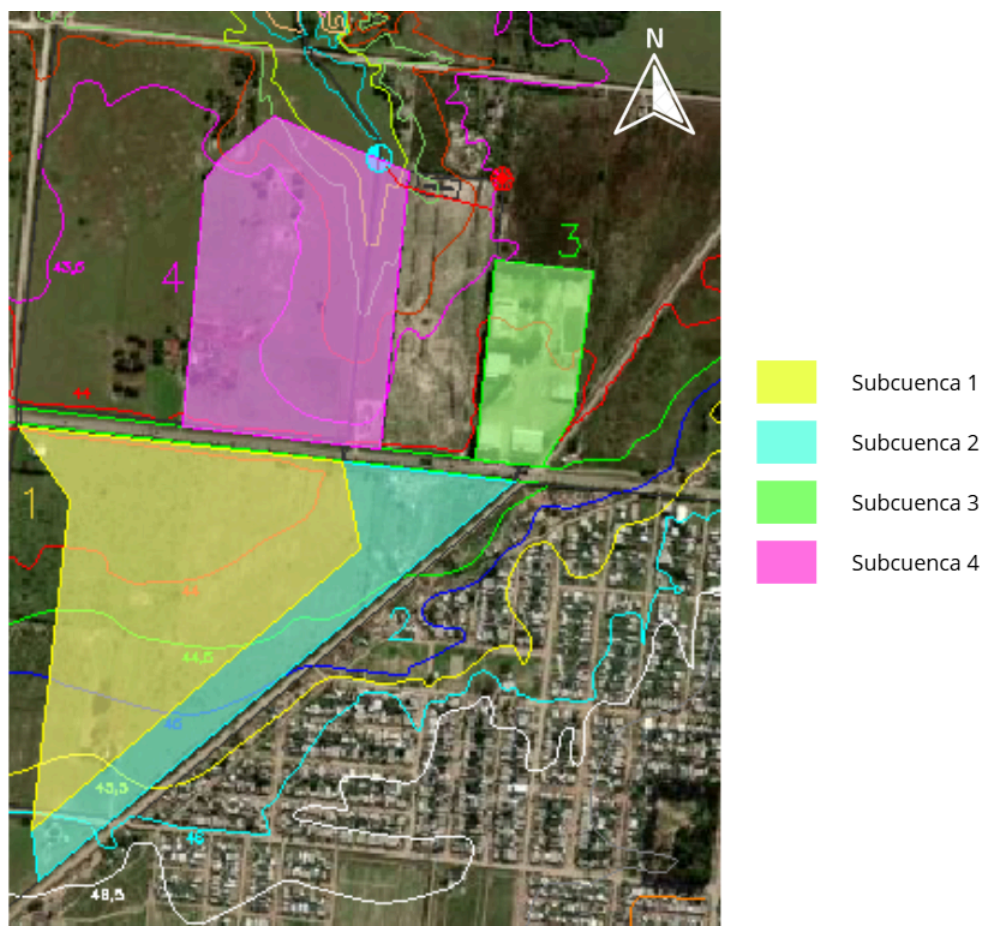


Figura 5.1.3: Subcuencas de aporte de las cuencas Este y Oeste. Fuente: Elaboración propia (Google Earth).

Seguidamente se muestra el análisis en cada subcuenca.

Subcuenca 1

Esta subcuenca pertenece a la cuenca Oeste lado Sur. La misma aporta al canal frentista perteneciente a la Ruta provincial 40. Los primeros 100 metros del terreno de orientación Oeste no fueron tenidos en cuenta ya que desagua en el canal correspondiente a esa orientación y el mismo no aporta caudal al canal en estudio. En la Tabla 5.1.2 se muestran los valores correspondiente al recorrido del escurrimiento dentro de esta subcuenca, mientras que en la Figura 5.1.4 se observa el recorrido de dicha cuenca.

Tabla 5.1.2: Características del escurrimiento Subcuenca 1.

Subcuenca 1	
Lm1 [m]	720,87
Lc1 [m]	706,56
Vm1 [m/s]	0,1
Vc1 [m/s]	1,1
Tc1 [min]	130,9

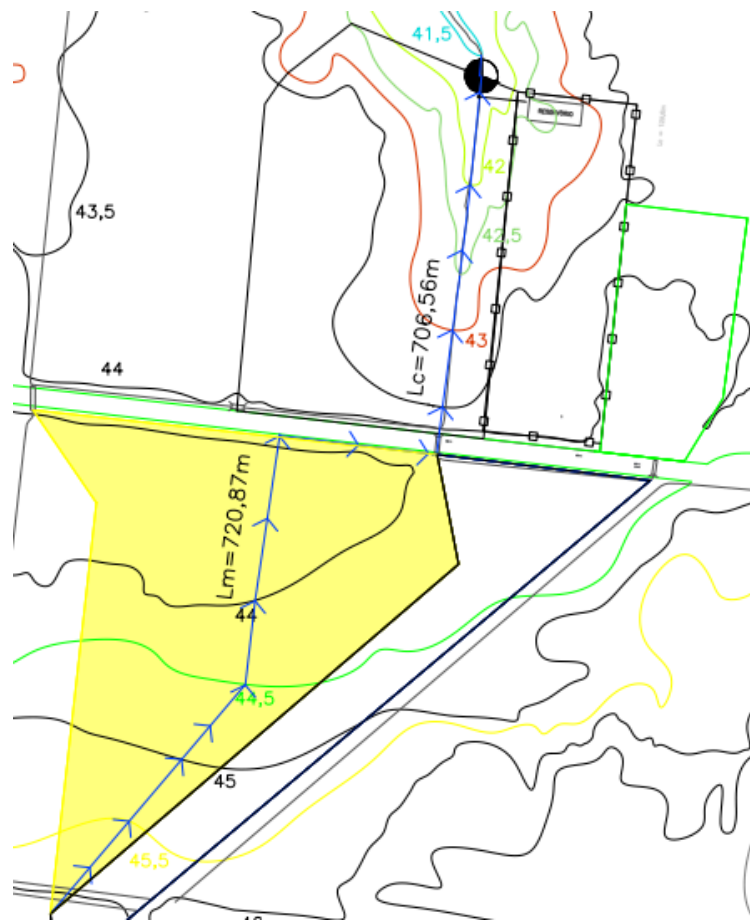


Figura 5.1.4: Recorrido Subcuenca 1.

Subcuenca 2

Perteneciente a la cuenca Este lado Sur. Desagua sobre el canal Este y sobre el canal de la del frente de la Ruta Provincial 40. En la Tabla 5.1.3 se muestran los valores de los recorridos mientras que en la Figura 5.1.5 se observan los mismos.

Tabla 5.1.3: Características del escurrimiento Subcuenca 2.

Subcuenca 2	
Lm1 [m]	100
Lc2 [m]	1790,6
Vm1 [m/s]	0,1
Vc2 [m/s]	1,1
Tc2 [min]	43,80

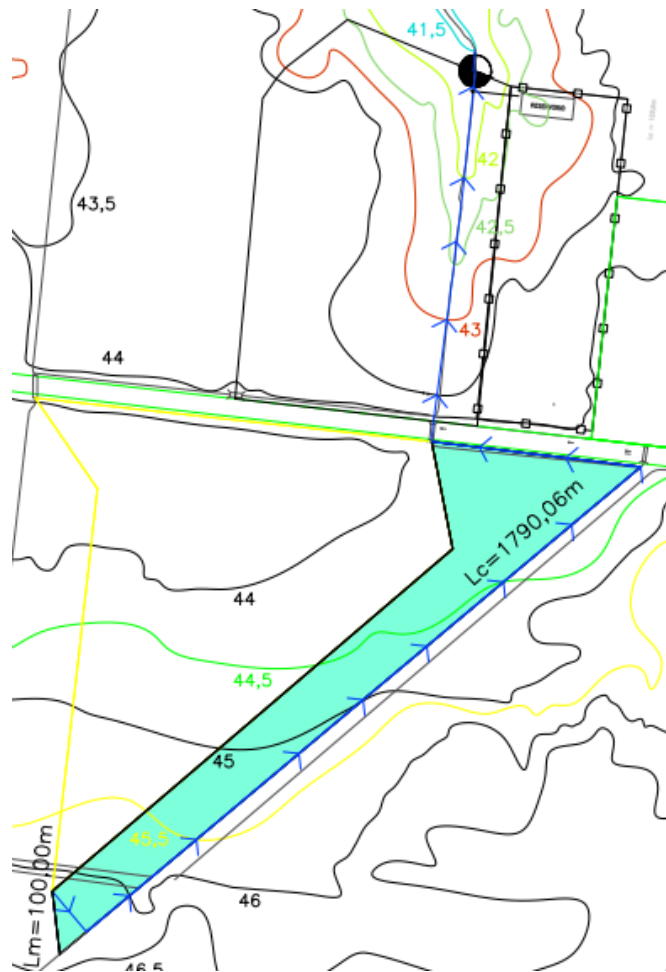


Figura 5.1.5: Recorrido Subcuenca 2.

Subcuenca 3

Subcuenca que forma parte de la cuenca Este lado Norte. La misma está conformada por el terreno con un desarrollo industrial perteneciente a Andreani. Su desagüe se considera mantiforme hasta el canal frentista y luego encauzado hasta el canal de estudio. Ver valores en Tabla 5.1.4 y recorridos en la Figura 5.1.6

Tabla 5.1.4: Características del escurrimiento Subcuenca 3.

Subcuenca 3	
Lm3 [m]	324,77
Lc3 [m]	783,07
Vm3 [m/s]	0,1
Vc3 [m/s]	1,1
Tc3 [min]	65,99



Figura 5.1.6: Recorrido Subcuenca 3.

Subcuenca 4

La misma pertenece a la cuenca Oeste lado Norte, forma parte del terreno donde se encuentra emplazado el canal en estudio. Se consideró un flujo mantiforme siguiendo las curvas de nivel y luego encauzado por el mismo canal. En la Tabla 5.1.5 se muestran los valores mientras que en la Figura 5.1.7 se observan los recorridos correspondientes.

Tabla 5.1.5: Características del escurrimiento Subcuenca 4.

Subcuenca 4	
Lm4 [m]	328,36
Lc4 [m]	259
Vm4 [m/s]	0,1
Vc3 [m/s]	1,1
Tc4 [min]	54,73



Figura 5.1.7: Recorrido Subcuenca 4.

Con los recorridos planteados en las diferentes cuencas obtenemos que el mayor tiempo de concentración se da en la subcuenca 1 siendo este $T_c = 130,9$ min. Por lo tanto este tiempo se utilizó en los próximos cálculos para obtener el caudal que escurre por el canal de estudio.

Cuenca Este y Oeste - R = 5 años

Contando con T_c y la recurrencia, inicialmente se procedió a obtener la intensidad de la lluvia como se mencionó anteriormente, haciendo uso de las [Curvas IDR de la Ciudad de Reconquista](#). Obteniendo así para ambas cuencas un valor $I = 40$ mm/h.

Con todos los datos necesarios se aplicó el método racional y se calcularon los caudales de aportes para cada cuenca, estos valores se pueden ver en las Tabla 5.1.6 y 5.1.7.

Tabla 5.1.6: Resultados cuenca externa Este para R = 5 años.

Cuenca Este	
D= T_c [min]	130,9
I [mm/h]	32,43
C1	0,28
A [km ²]	0,36
QE [m ³ /s]	0,92

Tabla 5.1.7: Resultados cuenca externa Oeste para R = 5 años.

Cuenca Oeste	
D= T_c [min]	130,9
I [mm/h]	32,43
C2	0,28
A [km ²]	0,14
QO [m ³ /s]	0,36

Finalmente se sumaron ambos caudales para obtener el caudal total para la recurrencia de 5 años que circula por el canal, siendo así:

$$Q_{Total} = Q_E + Q_O = 0,92 \frac{m^3}{s} + 0,36 \frac{m^3}{s} = 1,28 \frac{m^3}{s}$$

Cuenca Este y Oeste - R = 100 años

Luego se realizó, para esta recurrencia, el mismo procedimiento que la recurrencia de 5 años. En este caso la intensidad de la lluvia tuvo un valor de $I = 80$ mm/h. En las Tablas 5.1.8 y 5.1.9 se muestran los valores para cada cuenca.

Tabla 5.1.8: Resultados cuenca externa Oeste para R = 100 años.

Cuenca Este	
D= T_c [min]	130,9
I [mm/h]	50,49

C1	0,41
A [km2]	0,36
QE [m3/s]	2,09

Tabla 5.1.9: Resultados cuenca externa Oeste para R = 100 años.

Cuenca Oeste	
D=Tc [min]	130,9
I [mm/h]	50,49
C2	0,41
A [km2]	0,14
QO [m3/s]	0,81

Entonces el caudal que se obtuvo para la recurrencia de 100 años fue:

$$Q_{Total} = Q_E + Q_O = 2,09 \frac{m^3}{s} + 0,81 \frac{m^3}{s} = 2,91 \frac{m^3}{s}$$

De esta forma el canal preexistente presenta la sección con las características de la Tabla 5.1.10.

Tabla 5.1.10: Sección canal existente.

Canal preexistente	
Bf [m]	3
A [m2]	1,37
P[m2]	4,139
R [m]	0,331
z	1
n	0,035
s	0,005
y [m]	0,403
Q [m3/s]	1,27

En la Figura 5.1.8 se observa la sección de dicho canal

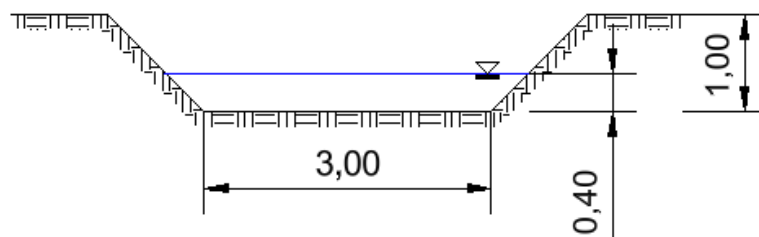


Figura 5.1.8: Sección canal existente.

A partir de los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados, se concluye que el lote en estudio presenta condiciones adecuadas frente a los eventos de lluvia considerados en el diseño. El sistema de drenaje permite captar, conducir, almacenar y evacuar los caudales generados sin producir anegamientos dentro del predio ni incrementar el riesgo de inundación en las áreas circundantes.

Por lo tanto el reservorio planteado, asegura que los caudales descargados sean compatibles con la capacidad del sistema receptor, manteniendo un comportamiento hidráulico adecuado durante las precipitaciones de diseño. En consecuencia, puede concluirse que el desarrollo proyectado no genera impactos hidráulicos adversos y cumple con las condiciones requeridas para garantizar la adecuada gestión de los excedentes pluviales y la no inundabilidad del lote.

5.1.2. Análisis de escurrimientos internos

Definidos como se controlarán los escurrimientos dentro del predio, se procedió a la delimitación de cinco cuencas internas, ver Figura 5.1.9. A partir de esta subdivisión, se calcularon los caudales aportantes de cada cuenca hacia los distintos canales de desagüe para recurrencias de 5 años y así dimensionar los canales internos.

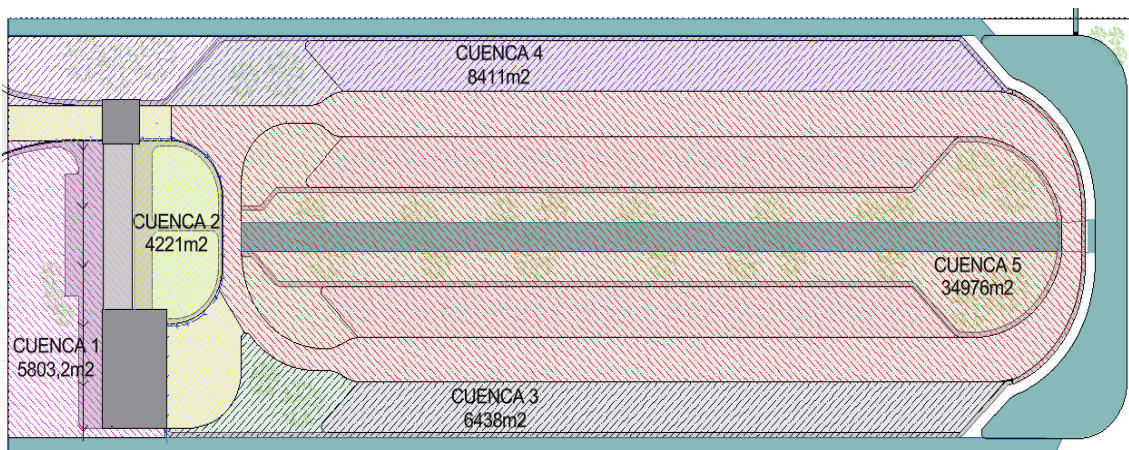


Figura 5.1.9: Cuencas internas.

Inicialmente se establecieron recorridos mantiformes y encauzados dentro de cada cuenca para poder establecer los tiempos de concentración de las mismas.

Además los canales tienen una pendiente longitudinal que sigue la pendiente media del terreno.

Con el caudal obtenido se utilizó la fórmula de Chezy - Manning para determinar la sección del canal.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I}$$

Donde:

- Q: Caudal [m³/s]
- A: Área mojada [m²]
- P: Perímetro mojado [m]
- R = A/P : Radio hidráulico [m]

[Volver al índice](#)

- l: pendiente longitudinal [m/m]
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning

- **Canal Oeste:**

El mismo se dimensionó con el aporte de la cuenca 4, compuesta por la parquización y dárseas de estacionamiento del sector Oeste en la Figura 5.1.10 se puede observar la respectiva cuenca y el recorrido mantiforme que luego es encauzado a lo largo del canal hasta el reservorio.

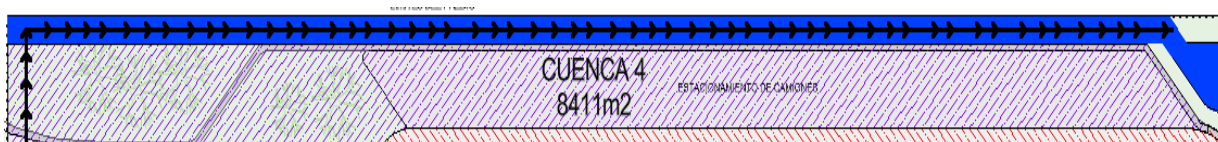


Figura 5.1.10: Cuencas y recorrido canal oeste.

En las tablas 5.1.11 y 5.1.12 se pueden observar los resultados obtenidos para el tiempo de escurrimiento, el coeficiente C y el área de la cuenca

Tabla 5.1.11: Coeficiente C canal oeste.

	Ponderación coeficiente C	
	Áreas	C
Pastizal	3112,7	0,34
Pavimento	5298,3	0,8
Total	8411	0,63

Tabla 5.1.12: Parámetros obtenidos canal oeste

Canal Oeste	
Lm	27,7
Vm	0,1
Lc	398,93
Vc	1,1
Tc	10,66
I	188,42
C	0,63
A	0,0084
Q	0,277

Luego con los datos obtenidos, se determinó la sección del canal con sección triangular y taludes 1:3, en la Tabla 5.1.13 se observan los valores correspondientes y la Figura 5.1.11 corresponde a la sección transversal.

Tabla 5.1.13: Sección transversal canal oeste

Canal Oeste	
A [m2]	0,391

P[m ²]	2,282
R [m]	0,171
z	3
n	0,035
s	0,007
y [m]	0,361
Q [m ³ /s]	0,277

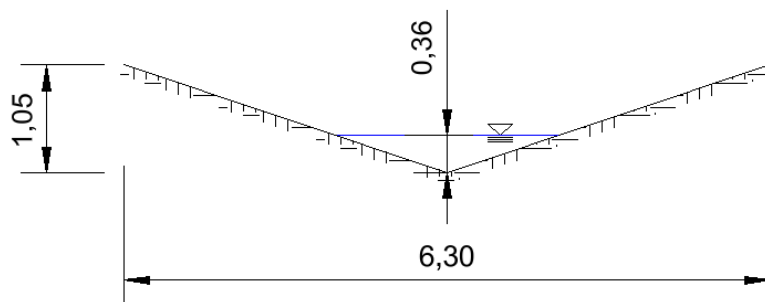


Figura 5.1.11: Sección transversal canal oeste

- **Canal Central:**

El aporte a este canal proviene de la cuenca 5 compuesta por las dársenas de estacionamientos de ambos carriles, los correspondientes carriles de circulación y el parque central, en la Figura 5.1.12 se observa dicha cuenca y el recorrido del escurrimiento que genera el mayor Tc.

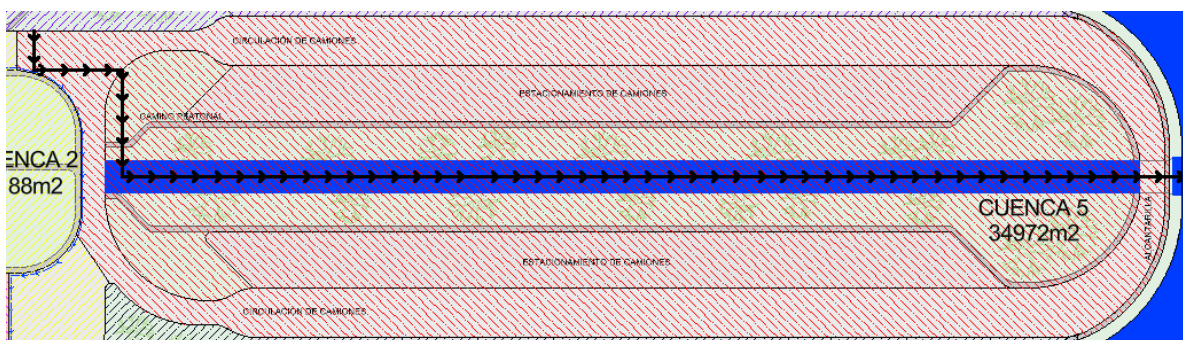


Figura 5.1.12: Cuencas y recorrido canal central.

En las tablas 5.1.14 y 5.1.15 se presentan los factores correspondiente a la cuenca

Tabla 5.1.14: Coeficiente C canal central.

	Ponderación coeficiente C	
	Áreas	C
Pastizal	13045,63	0,34
Pavimento	21930,21	0,8
Total	34975,84	0,63

Tabla 5.1.15: Parámetros obtenidos canal central.

Canal Central

Lm	34,12
Vm	0,1
Lcc	56
Vcc	0,6
Lc	324,5
Vc	1,1
Tc	12,16
I	180,21
C	0,63
A	0,0350
Q	1,100

En este canal se plantearon dos pendientes de taludes distintas, inicialmente un sección triangular de taludes con pendientes del 2% mientras que en los últimos 40 metros los taludes tienen una pendiente de 1:4. Esto se realiza para poder levantar el pelo de agua debido a que en el final del canal se encuentra una alcantarilla. En las Tablas 5.1.16 y 5.1.17 se pueden observar los valores correspondientes a cada sección y en las Figuras 5.1.13 y 5.1.14 se pueden ver las secciones mencionadas.

Tabla 5.1.16: Sección transversal 1 canal central.

Canal Central	
A [m ²]	2,16
P[m ²]	20,79
R [m]	0,104
z	50
n	0,035
s	0,007
y [m]	0,208
Q [m ³ /s]	1,1

Tabla 5.1.17: Sección transversal 2 canal central.

Canal Central	
A [m ²]	1,166
P[m ²]	4,453
R [m]	0,262
z	4
n	0,035

s	0,007
y [m]	0,54
Q [m ³ /s]	1,1

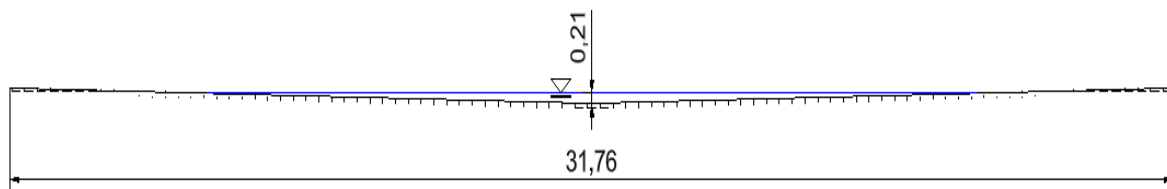


Figura 5.1.13: Sección transversal 1 canal central.

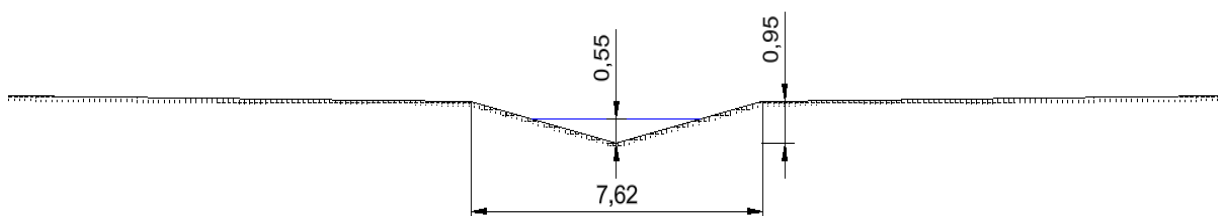


Figura 5.1.14: Sección transversal 2 canal central.

- **Canal Este:**

Este último canal recibe el aporte de 3 cuencas distintas, la cuenca 1 correspondiente al área de servicios, la cuenca 2 la cual abarca el ingreso, el patio frontal y el sector de pavimento del área de mecánica, y la cuenca 3 correspondiente a la dársena de estacionamiento del lado Este. Para este caso, el tiempo de concentración fue el mayor que se obtuvo entre los recorridos que se plantearon en las 3 cuencas.

En la Figura 5.1.15 pueden observarse las 3 cuencas junto con el recorrido que otorga el mayor T_c.

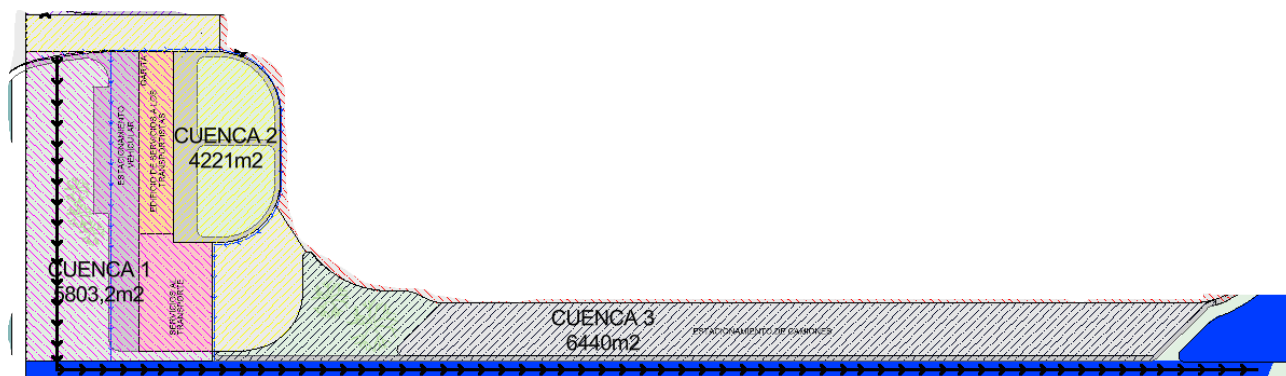


Figura 5.1.15: Cuencas y recorrido canal este.

En las Tablas 5.1.18 y 5.1.19 se presentan los factores correspondientes a la cuenca.

Tabla 5.1.18: Coeficiente C canal Este.

Ponderación coeficiente C			
	Áreas	C	
Pastizal	2743,2	0,34	1
Pavimento/tech o	3060	0,8	
Pastizal	1429	0,34	2
Pavimento	2792	0,8	
Pastizal	1149	0,34	3
Pavimento	5288,8	0,8	
Total	16462	0,65	

Al igual que en el canal oeste, se plantea un canal de sección triangular con pendientes de taludes de 1:3, en la Tabla se pueden observar los valores correspondientes y la sección de canal en la Figura 5.1.16.

Tabla 5.1.19: Sección transversal canal este.

Canal Este	
A [m ²]	0,48
P[m ²]	2,53
R [m]	0,19
z	3
n	0,035
s	0,007
y [m]	0,4
Q [m ³ /s]	0,365

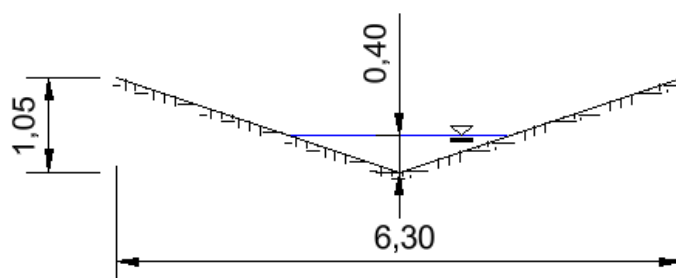


Figura 5.1.16: Sección transversal canal este.

- Cunetas

En el área de servicios, el escurrimiento superficial es captado y conducido mediante cunetas prefabricadas de hormigón de sección rectangular y tapadas con rejillas de hormigón,

dichas cunetas descargan en el canal este del predio. En la Figura 5.1.17 pueden observarse los recorridos de las cunetas propuestas.

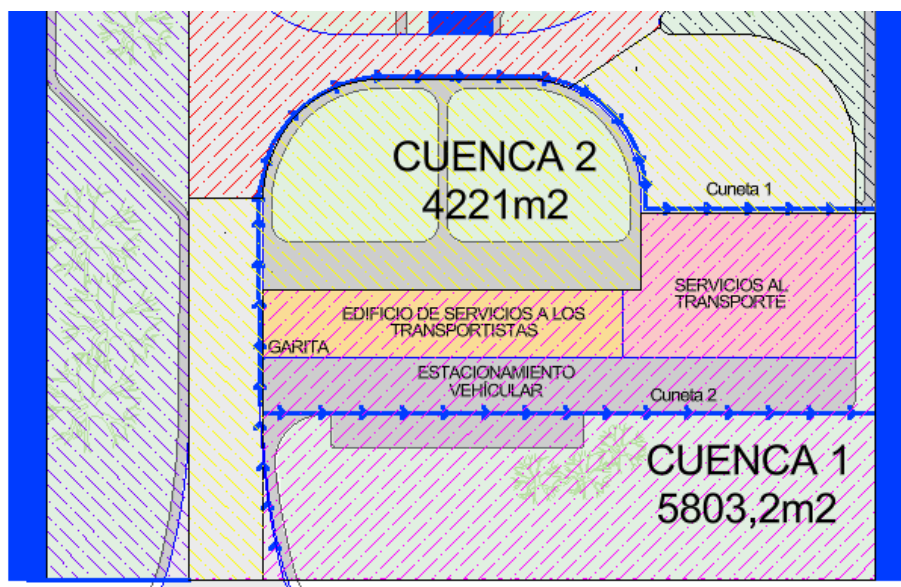


Figura 5.1.17: Recorridos de cunetas.

Se dispusieron dos cunetas principales: la **Cuneta 1** recibe y transporta el caudal correspondiente a la Cuenca 2, mientras que la **Cuneta 2** conduce el caudal proveniente de la zona de estacionamiento vehicular, así como los aportes generados por las cubiertas de la zona de servicios y de la nave metálica.

Para el dimensionamiento de las mismas nuevamente se utilizó el método racional, y además se consideró que el tiempo de concentración mínimo es de 10 minutos.

En cuanto a la cuneta 1 en la Tabla 5.1.20 se observa el coeficiente de escorrentía obtenido para la cuenca de aporte.

Tabla 5.1.20: Coeficiente C cuenta 1.

	Ponderación coeficiente C	
	Áreas	C
Pastizal	1429	0,34
Pavimento	2792	0,8
Total	4221	0,64

Luego para una recurrencia de 5 años y un tiempo de concentración de 10 minutos aplicando el método racional se obtuvo el caudal que circula por la misma. En la Tabla 5.1.21 se muestra dicho valor.

Tabla 5.1.21: Parámetros obtenidos cuneta 1.

Caudal 1	
I [mm/h]	192,05
C	0,64
A [km²]	0,0042

Q [m ³ /s]	0,145
-----------------------	-------

Finalmente haciendo uso de la ecuación de Chezy-Manning se optó por una sección rectangular de 0,4m x 0,35m y una pendiente longitudinal de 0,5%. En la Tabla 5.1.22 se muestran los valores correspondientes con los que se dimensiono, mientras que en la Figura 5.1.18 se observa la sección transversal y en planta de la cuneta.

Tabla 5.1.22: Sección transversal cuneta 1.

Cuneta 1	
Bf [m]	0,4
A [m ²]	0,14
P[m ²]	1,1000
R [m]	0,127
z	0,000
n	0,016
s	0,005
y [m]	0,35
Q [m ³ /s]	0,157

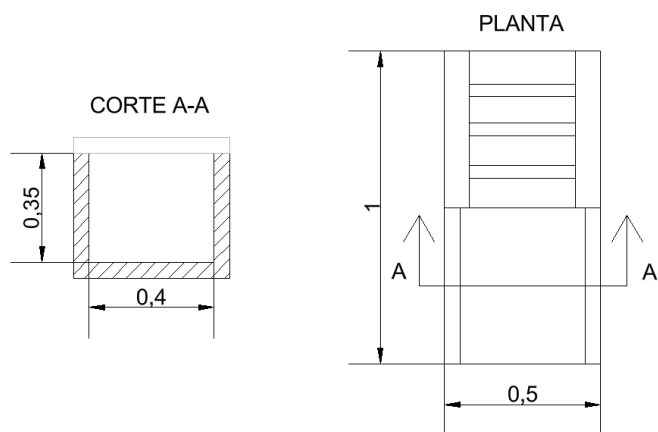


Figura 5.1.18: Sección Transversal cuneta 1.

Mientras que para la cuneta 2, se adopta un coeficiente de escorrentía único ya que la misma recibe el aporte del pavimento del estacionamiento y de los techos, sin contar con cubierta vegetal. El mismo para esta cuenca es $C = 0,8$.

Luego aplicando el método racional se obtuvo el caudal que debe conducir la misma, ver Tabla 5.1.23.

Tabla 5.1.23: Parámetros obtenidos cuneta 2.

Caudal 2	
I [mm/h]	192,05
C	0,8
A [km ²]	0,0021
Q [m ³ /s]	0,090

Finalmente haciendo uso de la ecuación de Chezy-Manning se obtuvo una sección de 0,35 m x 0,35 m con pendiente longitudinal de 0,5%.

En la Tabla 5.1.24 se muestran los valores correspondientes del dimensionamiento y en la Figura 5.1.19 se observa la sección transversal adoptada y en planta.

Tabla 5.1.24: Sección transversal cuneta 2.

Cuneta 2	
Bf [m]	0,3
A [m ²]	0,105
P[m ²]	1,0000
R [m]	0,105
z	0,000
n	0,016
s	0,005
y [m]	0,35
Q [m ³ /s]	0,1

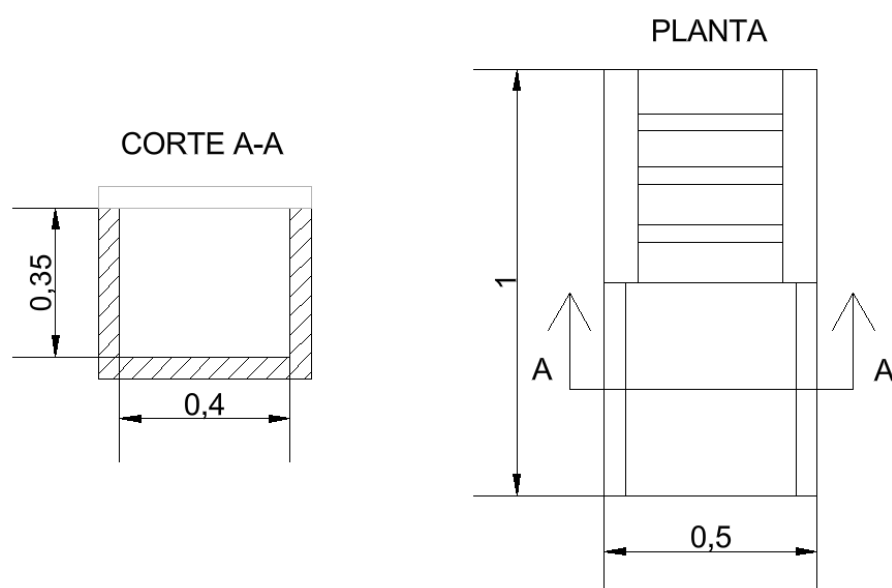


Figura 5.1.19: Sección transversal cuneta 2.

5.1.3 Situación pre-intervención para diseño de reservorio

Actualmente, el total de la superficie del terreno es permeable. En la Figura 5.1.20 se tiene el recorrido que realiza el escurrimiento dentro del terreno hasta llegar al canal y luego es encauzado hasta la sección de cierre. Luego en la Tabla 5.1.25 se tiene las longitudes y velocidades de cada recorrido junto con el valor del tiempo de concentración del escurrimiento del terreno en cuestión.

Tabla 5.1.25: Características del escurrimiento pre - intervención.

Pre - intervención	
Lm1 [m]	381,16
Lc1 [m]	129,6
Vm1 [m/s]	0,1
Vc1 [m/s]	1,1
Tc1 [min]	65,5

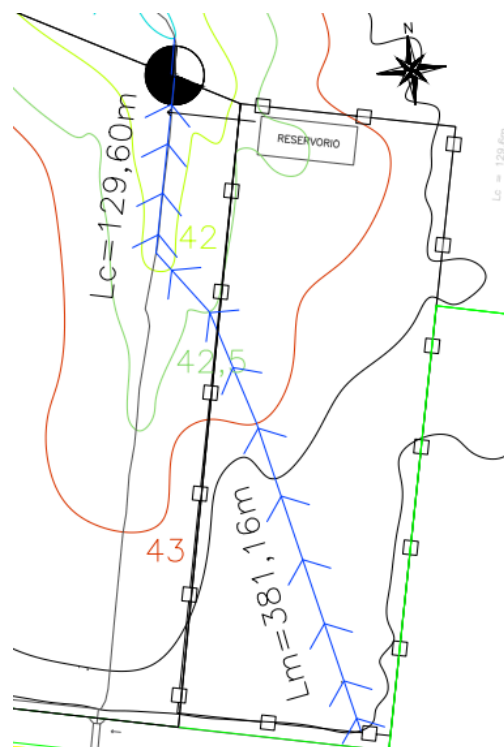


Figura 5.1.20: Recorrido interno pre - intervención.

Luego se calculan los caudales que aporta el terreno para ambas recurrencias anteriormente mencionadas, los mismos pueden verse en las Tablas 5.1.26 y 5.1.27.

El coeficiente C es el que se obtiene del Decreto 4841/2012 de la Provincia de Santa Fe y A es el área total del terreno.

La intensidad se obtiene mediante las curvas IDR y la duración de la tormenta se toma igual al tiempo de concentración como una condición del método racional.

Tabla 5.1.26: Resultados pre - intervención para R = 5 años.

R = 5 años	
D=Tc [min]	65,5
I [mm/h]	52,92
C1	0,28
A [km2]	0,07
QE [m3/s]	0,29

Tabla 5.1.27: Resultados pre - intervención para R = 100 años.

R = 100 años	
D=Tc [min]	65,5
I [mm/h]	82,39
C1	0,41
A [km2]	0,07
QE [m3/s]	0,66

5.1.4 Situación post - intervención para diseño de reservorio

Como consecuencia de la ejecución del proyecto, aproximadamente el 60 % del área de estudio quedará impermeabilizada debido a la incorporación de pavimentos, cubiertas edilicias y demás superficies construidas. Esta transformación modifica el comportamiento hidrológico del terreno, reduciendo la capacidad de infiltración del mismo y favoreciendo una respuesta más rápida frente a los eventos de precipitación. En consecuencia, se produce una disminución del tiempo de concentración, un incremento del volumen de escurrimiento superficial y un aumento del caudal pico generado.

Por lo tanto el coeficiente de escurrimiento se calculó mediante una ponderación de los coeficientes asociados a las superficies permeables e impermeables, considerando la distribución porcentual de cada una dentro del área de estudio.

Haciendo uso del análisis de los diferentes recorridos que se realizó anteriormente en el apartado [5.1.2. Análisis de escurrimientos internos](#), vemos que el mayor tiempo de concentración corresponde al recorrido correspondiente al canal Este con un valor de $T_c = 24,02$ min. Luego, nuevamente haciendo uso de las Curvas IDR de la Ciudad de Reconquista se obtuvo la intensidad adoptando la duración igual al tiempo de concentración para cada una de las recurrencias analizadas.

En las Tablas 5.1.28 y 5.1.29 se pueden ver los valores de cada uno de estos parámetros y los caudales obtenidos mediante el método racional para R = 5 años y R = 100 años

Tabla 5.1.28: Resultados obtenidos post - intervención para R = 5 años.

Post - intervención 5 años	
C _{per}	0,34
C _{imp}	0,8

Aper [m2]	32138,95
Aimp [m2]	38605,95
Atotal [m2]	70744,9
C	0,59
Tc [min]	24,02
i [mm/h]	118,29
Q [m3/s]	1,374

Tabla 5.1.29: Resultados obtenidos post - intervención para R = 100 años.

Post - Intervención 100 años	
Cper	0,47
Cimp	0,97
Aper [m2]	32138,95
Aimp [m2]	38605,95
Atotal [m2]	70744,9
C	0,74
Tc [min]	24,02
i [mm/h]	192,19
Q [m3/s]	2,806

Comparando los valores obtenidos de la situación post-intervención con los obtenidos en la situación pre-intervención, se pueden observar los aumentos considerables en los caudales pico y la disminución en el tiempo de concentración.

5.1.5. Volumen del reservorio

El dimensionamiento del volumen del reservorio se desarrolla a partir del análisis comparativo entre los hidrogramas de entrada y de salida correspondientes a la situación post-intervención y la situación pre-intervención respectivamente, todo esto para una recurrencia de 100 años. Su función es regular el caudal que se entrega a la cuenca de forma tal que aguas abajo no se detecten variaciones en los caudales generados.

A partir de lo desarrollado en el apartado [5.1.3 Situación pre-intervención](#) se llega a un caudal saliente actual de $0,66 \text{ m}^3/\text{s}$ para un tiempo de concentración $T_c = 65,5$ minutos. Mientras que de todo el análisis expuesto anteriormente se desprende que para la situación proyectada el tiempo de concentración será $T_c = 24,02$ minutos reduciendo en más del doble el tiempo de viaje de la gota de agua más alejada hasta el punto de cierre. Este tiempo de concentración genera un caudal pico de $2,81 \text{ m}^3/\text{s}$. De esta forma se puede comparar la respuesta actual con la impermeabilizada a partir de los hidrogramas triangulares que se muestran en la Figura 5.1.21

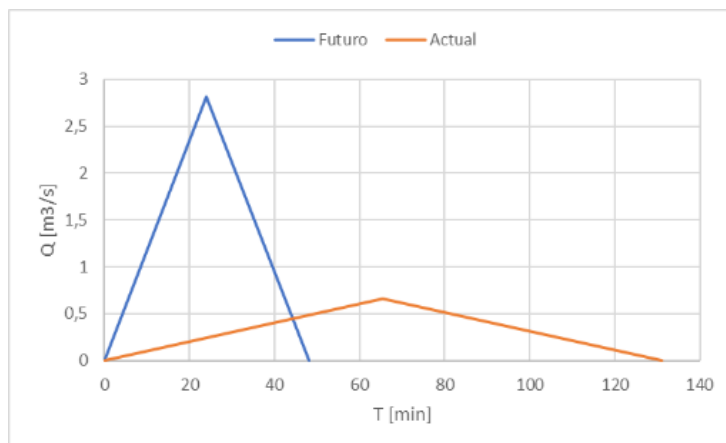


Figura 5.1.21: Hidrogramas de entrada y salida R = 100 años.

Para determinar el volumen de almacenamiento requerido, es necesario analizar las tormentas cuya duración sea superior al tiempo de concentración (T_c) de la cuenca. Bajo esta condición, se considera que toda la cuenca aporta simultáneamente al punto de salida durante distintos intervalos de tiempo.

Para duraciones de lluvia mayores que el tiempo de concentración, los hidrogramas presentan caudales pico inferiores, debido a que las intensidades disminuyen a medida que aumenta la duración de la tormenta. No obstante, el volumen de escurrimiento resulta mayor, ya que la lámina crece a pesar de disminuir la intensidad.

En el método racional, para tormentas con duración superior al tiempo de concentración, el hidrograma se representa mediante una forma trapezoidal. Dicho hidrograma se construye ajustando las ramas de ascenso y recesión de manera que ambas tengan una duración igual al tiempo de concentración (T_c), mientras que el tramo de caudal constante corresponde al excedente entre la duración de la tormenta y el tiempo de concentración.

De esto se obtienen los hidrogramas de la Figura 5.1.22

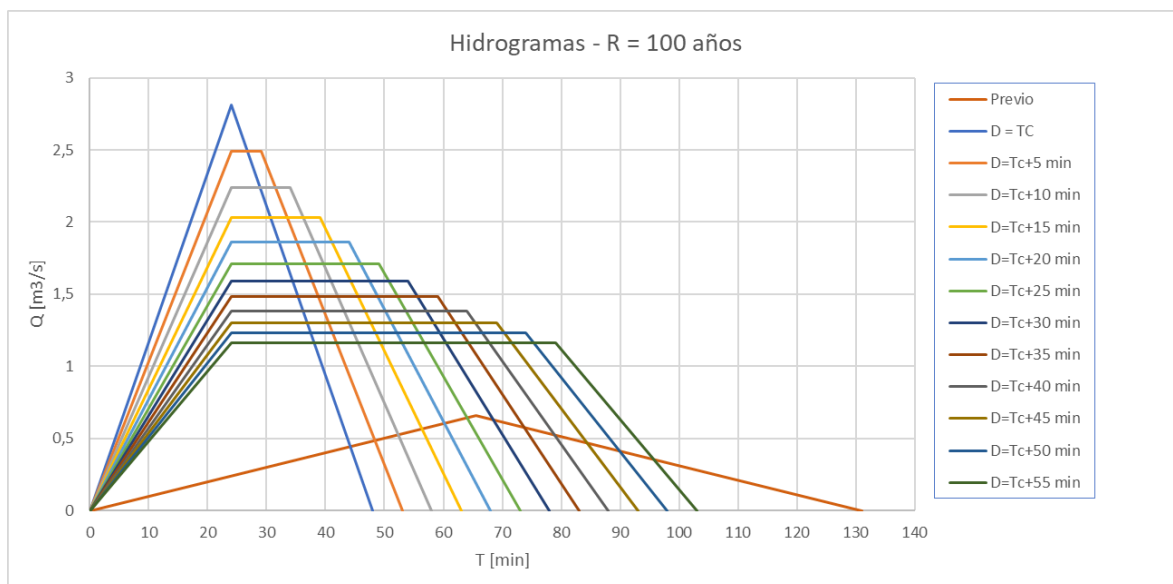


Figura 5.1.22: Hidrogramas de entrada y salida para D mayor a Tc.

Entonces, analizando distintas duraciones de lluvia superiores al tiempo de concentración, se obtienen para cada una el volumen de almacenamiento requerido. Finalmente, se adopta como volumen de diseño el máximo valor obtenido. En la Figura 5.1.23 se grafica el volumen almacenado en función de la duración de la tormenta, donde se puede ver que el volumen máximo a almacenar es 3680 m³ para una duración D = 41 min.

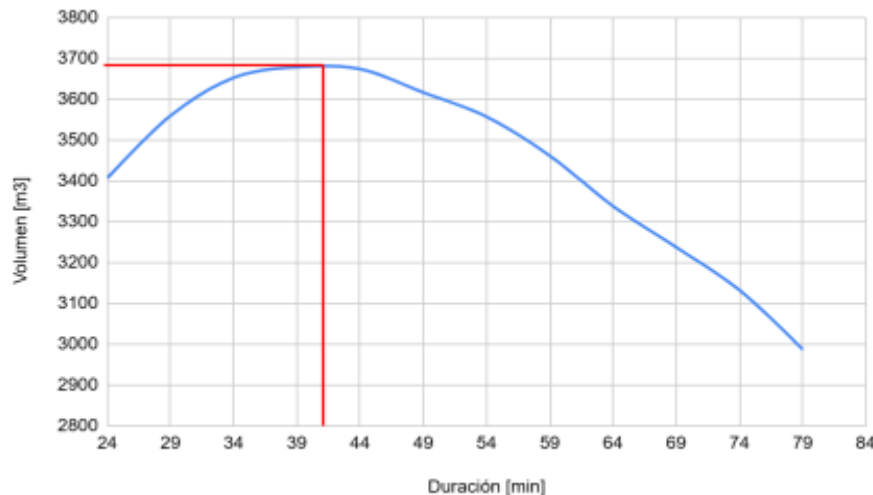


Figura 5.1.23: Curva de máximo volumen almacenado.

Por lo tanto en la Tabla 5.1.30 se presentan las dimensiones adoptadas para el mismo.

Tabla 5.1.30: Dimensiones del reservorio.

Dimensiones reservorio	
A sup [m2]	3770
Profundidad [m]	1
Taludes	1:1

5.1.6 Descarga del reservorio

La descarga del reservorio se realiza mediante una estructura de salida compuesta por orificios y un vertedero. Para eventos frecuentes, correspondientes a una recurrencia de 5 años, la descarga del caudal se produce a través de los orificios. En cambio, para eventos extraordinarios asociados a una recurrencia de 100 años, la descarga se realiza mediante el vertedero en conjunto con los orificios.

Los caudales descargados por ambas estructuras son conducidos mediante un canal de descarga proyectado, el cual se vincula con el canal existente aguas abajo, las dimensiones del mismo se definieron en función de las características de las estructuras de salida del reservorio. En particular, la base de fondo se adoptó igual a la longitud de la cresta del vertedero, mientras que el tirante se determinó haciendo uso de la ecuación de Chezy-Manning para el caudal correspondiente a una recurrencia de 5 años. En la Tabla 5.1.31 y Figura 5.1.24 se tienen las dimensiones del canal.

Tabla 5.1.31: Sección transversal canal de descarga.

Canal Descarga	
Bf [m]	1,9
A [m ²]	0,304
P[m ²]	2,244
R [m]	0,136
z	0,5
n	0,035
s	0,016
y [m]	0,154
Q [m ³ /s]	0,29

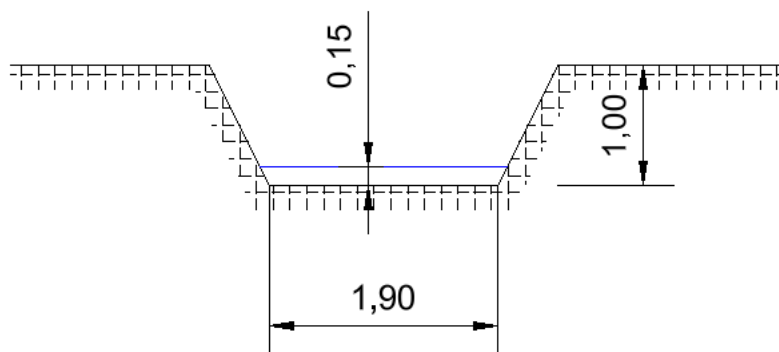


Figura 5.1.24: Sección transversal canal de descarga.

Debido a que el tirante en el canal es bajo, se reduce la base de fondo en una corta transición con un ángulo en planta de 13 grados hasta lograr una base de fondo de 0,5 metros, y de esta manera se reduce la superficie de servidumbre hídrica que debe gestionarse con el vecino. En la Tabla 5.1.32 se observan los valores obtenidos para esta nueva sección mientras que en la Figura 5.1.25 se observa la sección transversal correspondiente.

Tabla 5.1.32: Sección transversal canal de descarga con reducción de base de fondo.

Canal Descarga BF = 0,5 m	
Bf [m]	0,5
A [m ²]	0,455
P[m ²]	1,79
R [m]	0,254
z	0,5
n	0,035
s	0,016
y [m]	0,577
Q [m ³ /s]	0,66

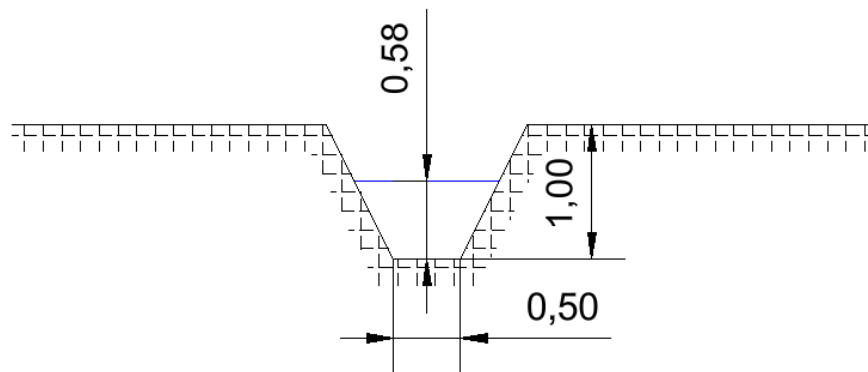


Figura 5.1.25: Sección transversal canal de descarga con reducción de base de fondo.

- Orificios

Debido a que el tirante aguas abajo en el canal de descarga, se encuentra por debajo de la cota de intradós de los orificios, los mismos se diseñan a descarga libre mediante la aplicación de la ecuación de orificios:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0}$$

Donde,

μ : coeficiente de gasto

A : es la sección transversal del orificio. [m²]

g : aceleración de la gravedad. [m/s²]

H_0 : es la carga total referida al eje del descargador. [m]

El coeficiente de gasto depende de diversos factores, entre ellos las pérdidas de energía localizadas, las pérdidas continuas por fricción y las pérdidas asociadas a la longitud de los descargadores.

Para el dimensionamiento, se propone inicialmente una sección y, mediante la ecuación correspondiente, se determina el caudal que puede evacuar un único orificio. Posteriormente, considerando que el objetivo es limitar la descarga del reservorio al caudal correspondiente a la situación pre-intervención, se calcula el número de orificios necesarios para evacuar dicho caudal.

Debido a que la mínima dimensión que debe tener el orificio es 0,4 m para evitar el taponamiento según la Resolución 736, los orificios circulares tenían todos sus medidas por debajo de este valor por lo que se optó por utilizar orificios rectangulares con su dimensión horizontal igual a 0,4 m y la vertical de 0.125 m

En la Tabla 5.1.33 se puede observar los resultados del diseño de un orificio y en la Tabla 5.1.34 el número de orificios necesarios y caudal erogado.

Tabla 5.1.33: Diseño de orificios.

Orificios	
Lh [m]	0,4
Lv [m]	0,125
A [m ²]	0,05
S [m]	0,35
y aguas ar [m]	1,000
y aguas ab [m]	0,160
Qs [m ³ /s]	0,29
H0 [m]	0,750
L [m]	0,58
S	0,005
n	0,016
ξ	0,5
f L/D	0,0628
μ	0,8

Tabla 5.1.34: Números de orificios.

Cantidad de orificios	
Q0 [m ³ /s]	0,153
Qs/Q0	1,890185095
N° orificios	2
Q erogado [m ³ /s]	0,307
Error [%]	5,49

Finalmente se diseñan 2 orificios de 0,4 m x 0,125 m cada uno.

- Vertedero

Para una lluvia extraordinaria con recurrencia de 100 años, la descarga del sistema se realiza mediante la acción conjunta de los orificios y el vertedero. En consecuencia, el vertedero se dimensiona para evacuar el caudal remanente, correspondiente a la diferencia entre el caudal de diseño para R=100 y el caudal descargado por el conjunto de orificios.

El caudal descargado por el vertedero se obtiene mediante la siguiente ecuación que corresponde a un vertedero tipo WES el cual se aproxima al adoptado en este trabajo;

$$Q = 0,552 \cdot C \cdot Le \cdot Hd^{1.50}$$

donde:

- Q: es el caudal descargado (m³/s);
- C: es un coeficiente de descarga,
- Hd: carga total sobre la cresta (m)
- Le: longitud efectiva de la cresta en (m).

En la Tabla 5.1.35 se encuentran las dimensiones del vertedero.

Tabla 5.1.35: Diseño de vertedero.

Vertedero	
Zmax [m]	42,7
CCV [m]	42,50
Hd [m]	0,20
h [m]	1,000
h/Hd	5,00
h/Hd > 1,33	SI
VHA	
C	4,03
L [m]	1,872989509
Lmin [m]	1,56
L adoptado	1,90
Q	0,38
Qtot	0,685

Finalmente para evitar reducir la velocidad del flujo a la salida del vertedero y evitar erosión, se reviste al canal de salida mediante hormigón en una longitud igual 2 veces la base de fondo siendo así una longitud de 3,80 m.

El vertedero junto con los orificios y su ubicación en el reservorio pueden verse en el Plano 05.3 - Diseño de vertedero.

5.1.7 Dimensionamiento de alcantarilla

Se dimensiona la alcantarilla ubicada en el extremo aguas abajo del canal central, con el objetivo de permitir el cruce del escurrimiento hacia el otro lado de la calzada. En la Figura 5.1.26 se observa la ubicación de la alcantarilla dentro del predio.

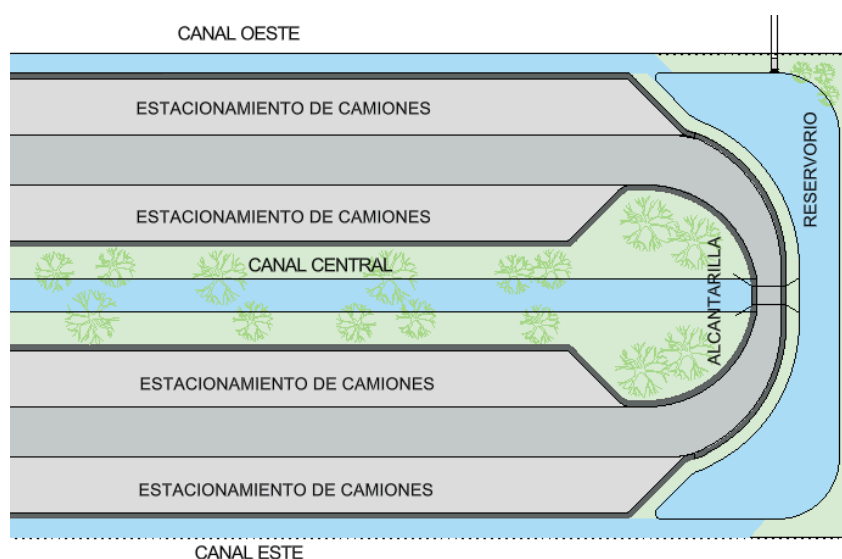


Figura 5.1.26: Ubicación de la alcantarilla. Fuente: Elaboración propia.

Dicho dimensionamiento de la alcantarilla se realizó seleccionando una sección que cumple con las condiciones de tapada exigidas para este tipo de estructuras, garantizando una cobertura mínima de 0,40 m y máxima de 3,00 m. De esta manera se optó por una altura de 0,5 metros. Luego se elige el ancho del canal tal que esta sección permite el paso del caudal que circula por el canal central, en las Tablas 5.1.36 y 5.1.37 se pueden ver los valores de la sección adoptada correspondiente al Plano Tipo O-41211-I de la DNV (ver Plano 05.4 - Plano Tipo O-41211-I) y en la Figura 5.1.27 se puede observar la sección transversal de la alcantarilla.

Tabla 5.1.36: Diseño de alcantarilla.

Sección	
L [m]	1,5
H [m]	0,5
S	0,005
Tmin [m]	0,4
Tmax [m]	3
e losa [m]	0,22

Tabla 5.1.37: Parámetros de diseño alcantarilla.

Alcantarilla canal central	
Bf [m]	1,5
A [m ²]	0,607
P[m ²]	2,309
R [m]	0,263
z	0
n	0,016
s	0,005
y [m]	0,405
Q [m ³ /s]	1,1

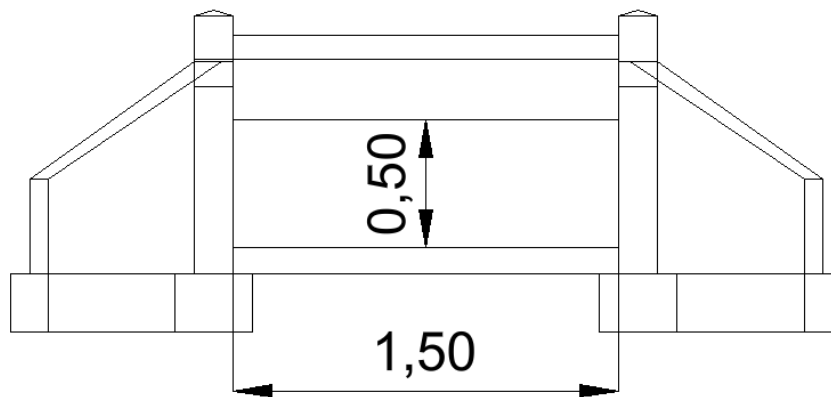


Figura 5.1.27: Sección transversal de alcantarilla.

5.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CIRCULACIÓN INTERNA

5.2.1. Elección del vehículo de diseño

Para el diseño geométrico de la circulación interna de la playa de camiones se definió un vehículo de diseño representativo dentro de los que operan en el área de influencia del proyecto. A tal efecto, se realizó un relevamiento visual mediante imágenes satelitales disponibles en Google Earth, analizando los tipos de vehículos que circulan y estacionan en las inmediaciones del sitio seleccionado. Se muestra en la Figura 5.2.1 una imagen satelital de una cooperativa de transporte cercana a la zona que se ha tomado de referencia.

A partir de dicho análisis, se identificó que la tipología predominante corresponde a camiones articulados acoplados, con una longitud total aproximada de 20 metros. Se seleccionó como vehículo de diseño el modelo WB-19 definido por la normativa de AASHTO. (Fuente: "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets", AASHTO; USA, 2004).



Figura 5.2.1: Cooperativa de transporte en Avellaneda, a pocos km de Reconquista. Fuente: Google Earth.

5.2.2. Consideraciones previas al diseño

Para el diseño de la circulación interna de los camiones en la playa de estacionamiento se consideraron tres zonas: las dársenas de estacionamiento, las calles internas y los anchos adicionales destinados a las maniobras de giro y retroceso de los vehículos, tanto para la circulación como para el estacionamiento.

Se comenzó por adoptar cuatro filas de dársenas a 45 grados, cuyo tamaño fue elegido y ajustado en función de los camiones de diseño considerados, la comparación con otras playas de estacionamiento existentes, las normativas vigentes y el proyecto original de la playa de estacionamiento, quedando definidas con las dimensiones presentadas en la Figura 5.2.2.

Luego de tener definidas las cuatro filas del total de 160 dársenas, se continuó con la definición del sentido de las calles que permiten acceder a estos espacios de estacionamiento, a partir del ingreso al predio y de la circulación interna hacia el área de servicios, obteniéndose así que el acceso al recorrido de dársenas se realiza por la derecha y la salida por la izquierda, como se presenta en la Figura 5.2.3.

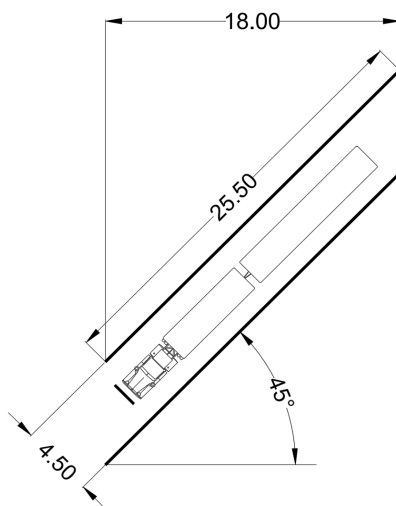


Figura 5.2.2. Dimensiones dársenas. Fuente: elaboración propia. Medidas en metros

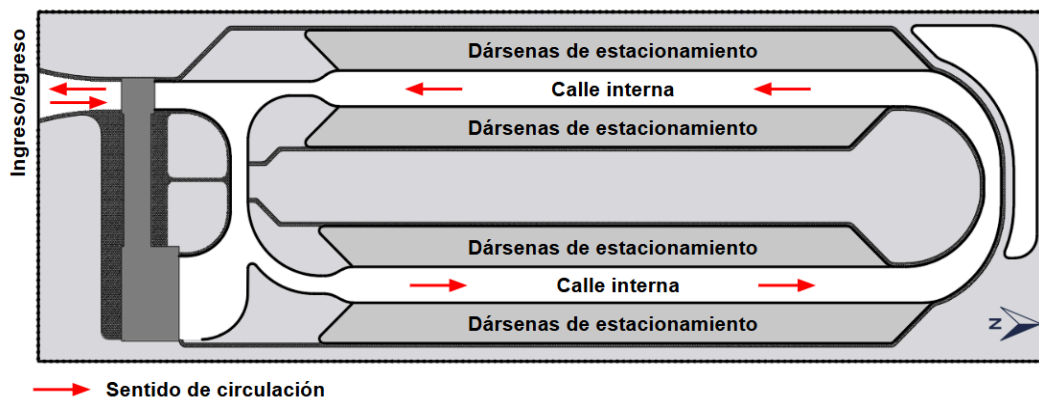


Figura 5.2.3. Sentidos de circulación de calles hacia dársenas. Fuente: elaboración propia.

A partir de lo señalado anteriormente, cabe destacar que las dársenas ubicadas del lado derecho de la circulación sólo permiten el estacionamiento de culata, lo que posibilita a los camiones desacoplarse y circular más livianos dentro del predio en caso de requerir dirigirse hacia el sector de servicios en la cubierta principal operativa.

Por otro lado, en las dársenas ubicadas del lado izquierdo de la circulación, con sentido hacia la salida del predio, los camiones tienen como única posibilidad estacionarse de frente. Lo antes mencionado se presenta en la Figura 5.2.4.



Figura 5.2.4. Dársenas lado derecho y lado izquierdo. Fuente: elaboración propia.

Una vez definidas estas consideraciones, se procedió al diseño de las calles de circulación dentro del predio, las cuales no solo permiten guiar a los camiones hacia el sector de

estacionamiento, sino que también posibilitan su acceso al sector de servicios de lubricentro, gomería y lavadero.

Lo primero que se realizó fue adoptar un ancho base para la calzada, el cual fue obtenido de la tabla 5.2.5, presentada a continuación, correspondiente al plano tipo OB-2 de Vialidad Nacional. Se decidió adoptar un ancho de 6,3 m, correspondiente al caso II C: un carril con un único sentido de marcha, con sobrepaso de vehículo detenido, cuando el número de camiones con acoplados y semirremolques es suficiente para gobernar el diseño.

TABLA I : Anchos de pavimento de ramas y/o caminos de enlace

RADIO DEL BORDE INTERNO	CASO I :			CASO II :			CASO III :		
	1 Carril 1 Sentido de marcha s/sobrepaso de vehículo detenido			1 Carril 1 Sentido de marcha c/ sobrepaso de vehículo detenido			2 Carriles 1 ó 2 sentidos de marcha		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.4	5.4	6.9	6.9	7.5	8.7	9.3	10.5	12.6
25	4.8	5.1	5.7	6.3	6.9	8.1	8.7	9.9	11.1
30	4.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.5	8.4	9.3	10.5
50	4.2	4.8	5.1	5.7	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9
75	3.9	4.8	4.8	5.7	6.3	6.9	8.1	8.7	9.3
100	3.9	4.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.8	8.4	9.0
125	3.9	4.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.8	8.4	8.7
150	3.6	4.5	4.5	5.4	6.0	6.6	7.8	8.4	8.7
RECTA	3.6	4.5	4.5	5.1	5.7	6.3	7.5	8.1	8.1
Modificación del ancho según el tratamiento lateral usado									
Banquina no estabilizada	Ninguna			Ninguna			Ninguna		
Cordón montable	Ninguna			Ninguna			Ninguna		
Cordón no montable									
1 lado	Aumentar en 0.3 m			Ninguna			Aumentar en 0.3 m		
2 lados	Aumentar en 0.6 m			Aumentar en 0.3 m			Aumentar en 0.6 m		
Banquina estabilizada en Uno o ambos lados	Ninguna			Deducir el ancho de la banquina estabilizada del pav.; mín. absoluto = caso I = 4.50 + 0.3 = 4.8 m			Disminuir en 0.60 m con banquina de 1.20 m o mayor		

AASHTO: Tabla III-20 - pág.208 edición 1994

Figura 5.2.5. Anchos de pavimento. Fuente: Plano tipo OB-2 de Vialidad Nacional (Tabla I)

Este ancho fue modificándose a medida que se avanzaba en el diseño vial interno, según la necesidad de contar con un mayor ancho para mejorar la maniobrabilidad de los camiones, ya sea en zonas de curvas o en alineamientos rectos donde se requería realizar maniobras para ingresar o salir (de frente y en reversa) de determinados sectores, como las dársenas o el área de servicios.

5.2.3. Diseño con Autodesk Vehicle Tracking y definición de la geometría

Para lograr un diseño eficiente que permitiera minimizar, en la mayor medida posible, la superficie cubierta por pavimento, se utilizó Autodesk Vehicle Tracking, una herramienta de diseño geométrico vial integrada a AutoCAD, destinada a la simulación de maniobras y trayectorias vehiculares.

El procedimiento consiste en definir el vehículo de diseño del proyecto y simular su recorrido a lo largo del trazado propuesto. Para comenzar a utilizar la extensión, deben ingresarse las velocidades de avance y retroceso adoptadas. En este caso, se estableció una velocidad de 15 km/h para el avance y de 2,5 km/h para el retroceso.

Luego se realizan diferentes simulaciones, y el programa genera las envolventes de barrido, delimitando el espacio efectivamente ocupado por el vehículo durante el giro. Estas envolventes consideran no solo la trayectoria de las ruedas, sino también el desplazamiento de las

partes salientes del vehículo, como la cabina, el semirremolque o el acoplado, contemplando aspectos tales como el radio de giro, el sobreancho en curvas y los desplazamientos laterales propios de cada maniobra. Esto permitió definir una serie de contornos que delimitaron las zonas donde el ancho propuesto resultaba insuficiente y se requería incorporar un sobreancho para la maniobra en cuestión.

Luego de una serie de iteraciones fue posible determinar los anchos de calzada definitivos para las zonas de ingreso a dársenas, curvas, intersecciones y el acceso al edificio de servicios.

A continuación se describe el procedimiento que fue utilizado para lograr lo mencionado anteriormente.

1. Elección del vehículo de diseño en "Vehicle Tracking": se seleccionó como vehículo de diseño el modelo WB-19, definido por la normativa de AASHTO. Ver Figura 5.2.6.

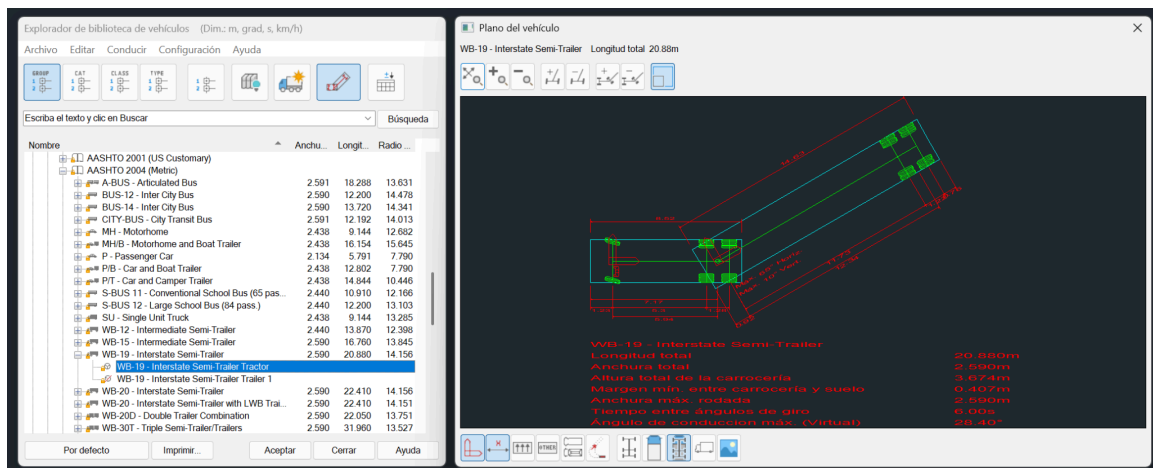


Figura 5.2.6. Vehicle Tracking - elección del vehículo de diseño. Fuente: Autodesk Vehicle Tracking.

2. Simulación de conducción del camión: una vez seleccionado el vehículo, se procedió a utilizar la opción que permite delimitar la trayectoria recorrida por el camión. Para la definición de las trayectorias se adoptó una velocidad de giro de 15 km/h, representativa de las maniobras de circulación interna y estacionamiento que realizan los vehículos pesados dentro de la playa. Ver Figura 5.2.7.

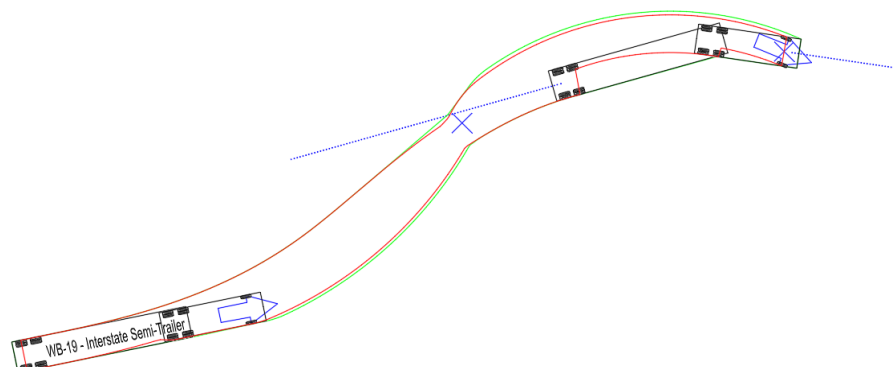


Figura 5.2.7. Vehicle Tracking - recorrido del vehículo. Fuente: elaboración propia.

A partir de esta opción fue posible realizar una serie de pruebas sobre toda la planta, ejecutando los diferentes tipos de maniobras según el sector que se estaba diseñando. Cabe aclarar que se trató de un proceso iterativo de prueba y error, en el cual la distribución en planta y el diseño de la calzada se fueron modificando hasta alcanzar el resultado final.

Esto resulta importante, ya que, a diferencia del diseño vial de una ruta, las curvas y los alineamientos rectos no fueron definidos mediante los conceptos típicos de diseño geométrico, sino que la geometría surgió como resultado del trazado de las trayectorias de los vehículos.

3. Diseño del ancho de calle de ingreso a dársenas y curva trasera: se comenzó por verificar el diseño propuesto en la zona más alejada del ingreso. Se ensayaron diferentes configuraciones de ingreso y salida de dársenas, especialmente en el sector cercano a la curva, lo que permitió definir el sobreancho necesario para las maniobras, obteniéndose así una calzada de 16 m de ancho en el sector de dársenas y, además, el diseño del sobreancho de la curva que recorren los camiones al doblar.

A continuación, se presentan algunas de las simulaciones realizadas en el sector mencionado, en las Figuras 5.2.8 a 5.2.10

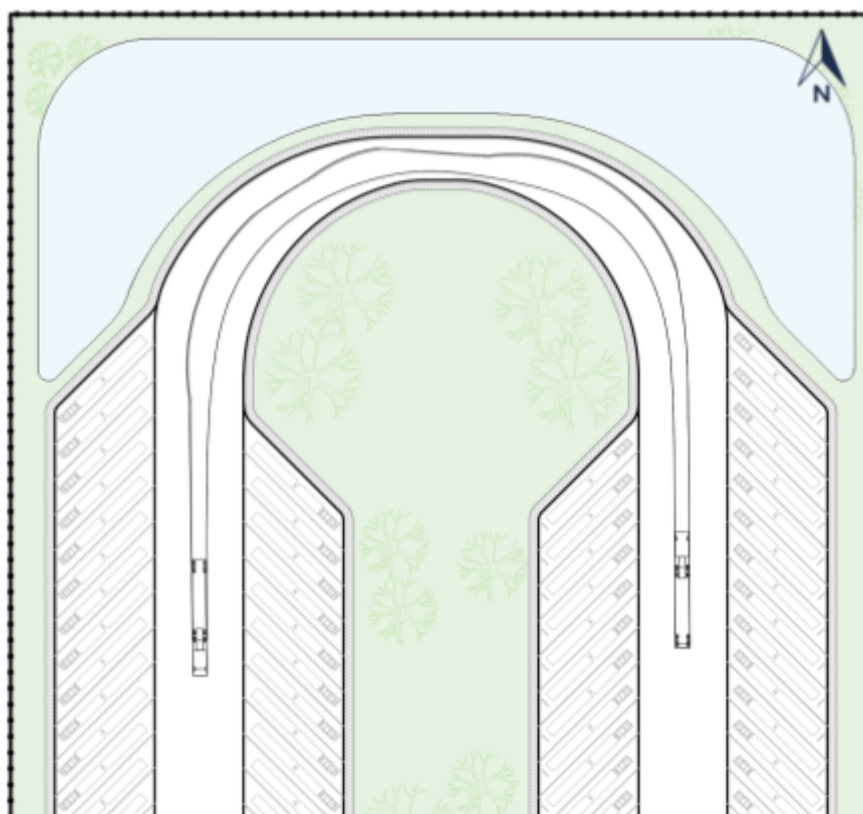


Figura 5.2.8. Simulación de circulación de camión - giro de derecha a izquierda por curva trasera.

Fuente: elaboración propia

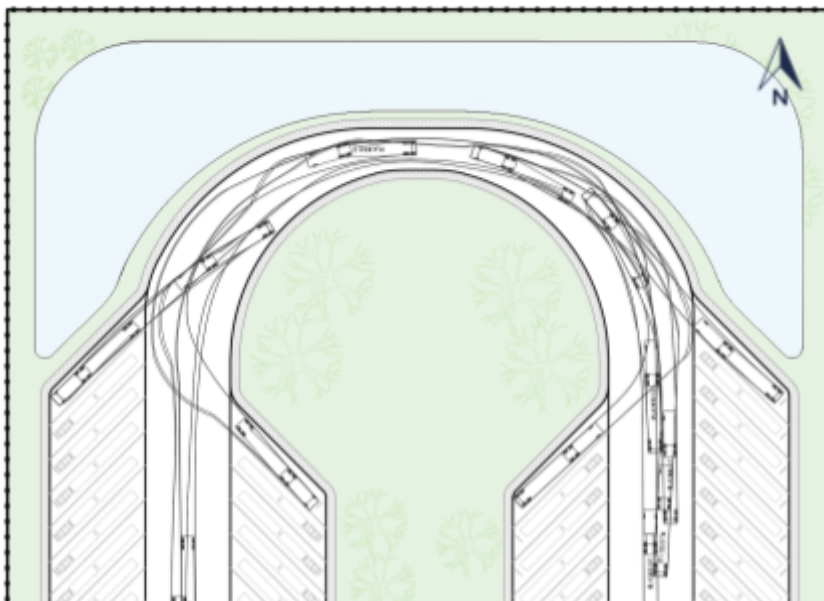


Figura 5.2.9. Simulación de circulación de camión - Superposición de varios recorridos. Fuente: elaboración propia

A pesar de tratarse de algunas de las tantas simulaciones realizadas, se puede observar en las figuras antes presentadas que el espacio se ajusta a las trayectorias de forma eficiente, sin invadir en ningún momento dársenas linderas, veredas o, en general, sectores no aptos para la circulación.

En esta instancia fue donde se comenzaron a distribuir las dársenas en distintos sectores según conveniencia. En aquellos casos en los que no era posible realizar la maniobra y estacionar correctamente, y debido a la asimetría en el diseño entre la parte trasera y delantera del terreno, las cuatro filas de dársenas no presentan el mismo número de unidades en cada una.

Finalmente se obtuvieron las siguientes dimensiones en el sector tratado:

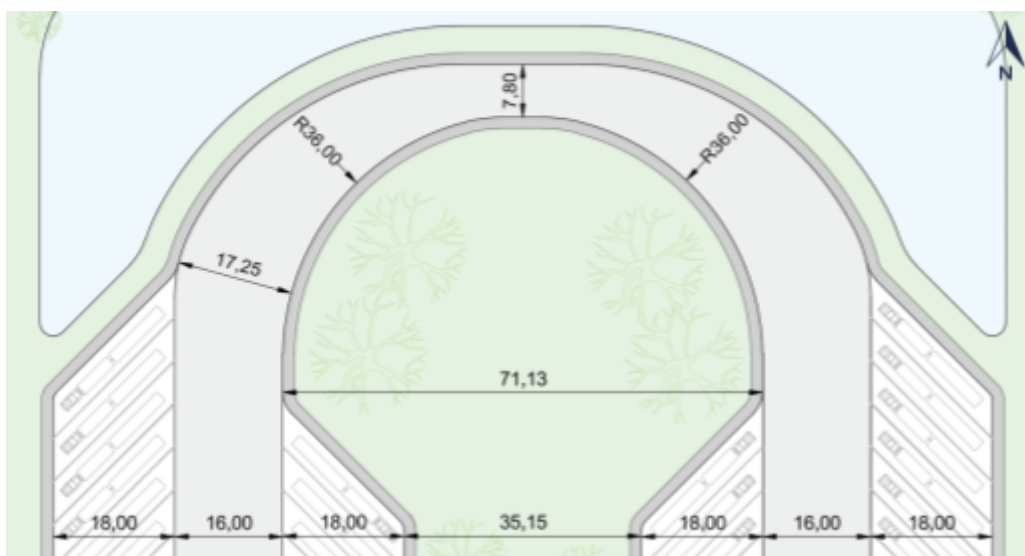


Figura 5.2.10. Anchos de calzada de sector de dársenas y curva trasera. Fuente: elaboración propia. Medidas en metros

4. Diseño de las calles de maniobra entre el sector de dársenas, el ingreso/salida del predio y el sector de servicios: este sector tiene por objetivo permitir la circulación de camiones para ingresar o salir del sector de dársenas, ingresar o salir del sector de servicios y acceder al área de ingreso y egreso del predio. Al igual que en el sector tratado en el punto 3, en este caso se abordó el problema mediante simulaciones con “Vehicle Tracking” hasta alcanzar un diseño eficiente y, a su vez, de fácil circulación para los vehículos.
- A continuación, se presentan en las Figuras 5.2.11 y 5.2.12 algunas de las simulaciones realizadas para definir el diseño geométrico del sector.

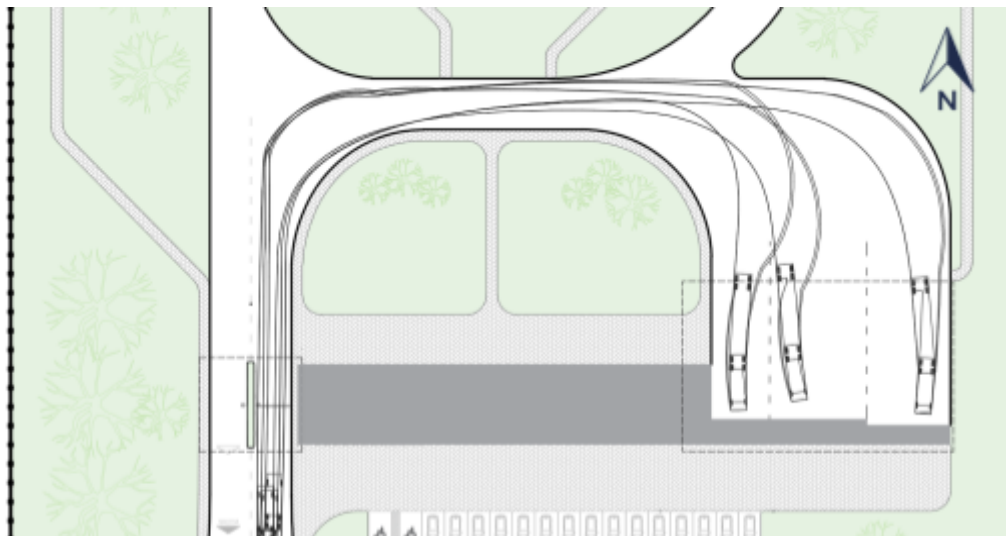


Figura 5.2.11. Simulación de circulación de camión - Recorrido de entrada a sector de servicios. Fuente: elaboración propia.

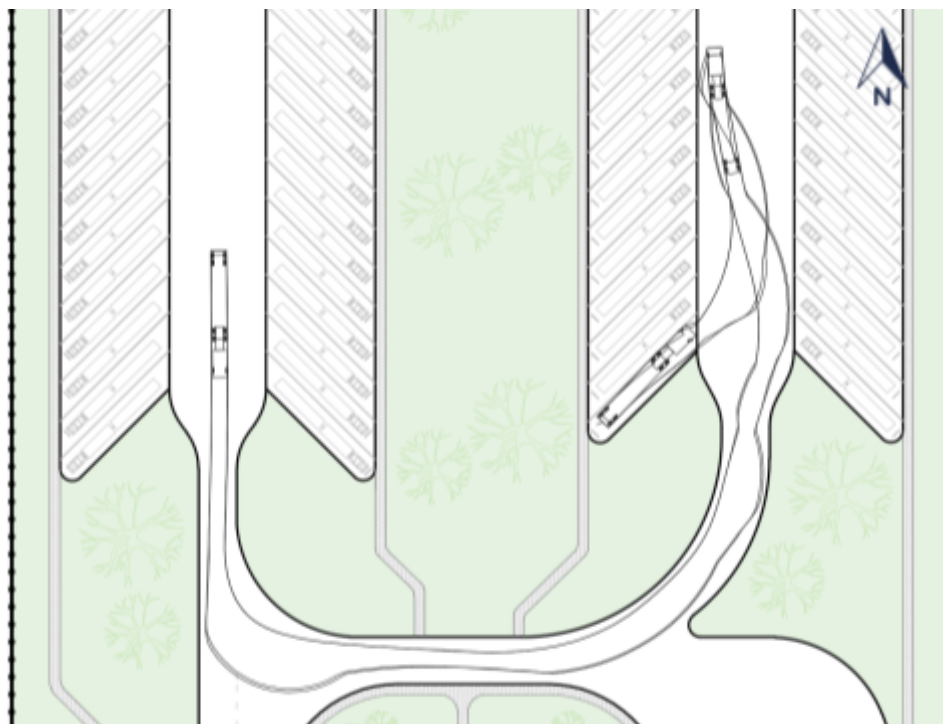


Figura 5.2.12. Simulación de circulación de camión - Recorrido de retorno al sector de dársenas y estacionamiento de culata. Fuente: elaboración propia.

Luego de varias simulaciones se llegó al diseño con las dimensiones mostradas en la figura 5.2.13.

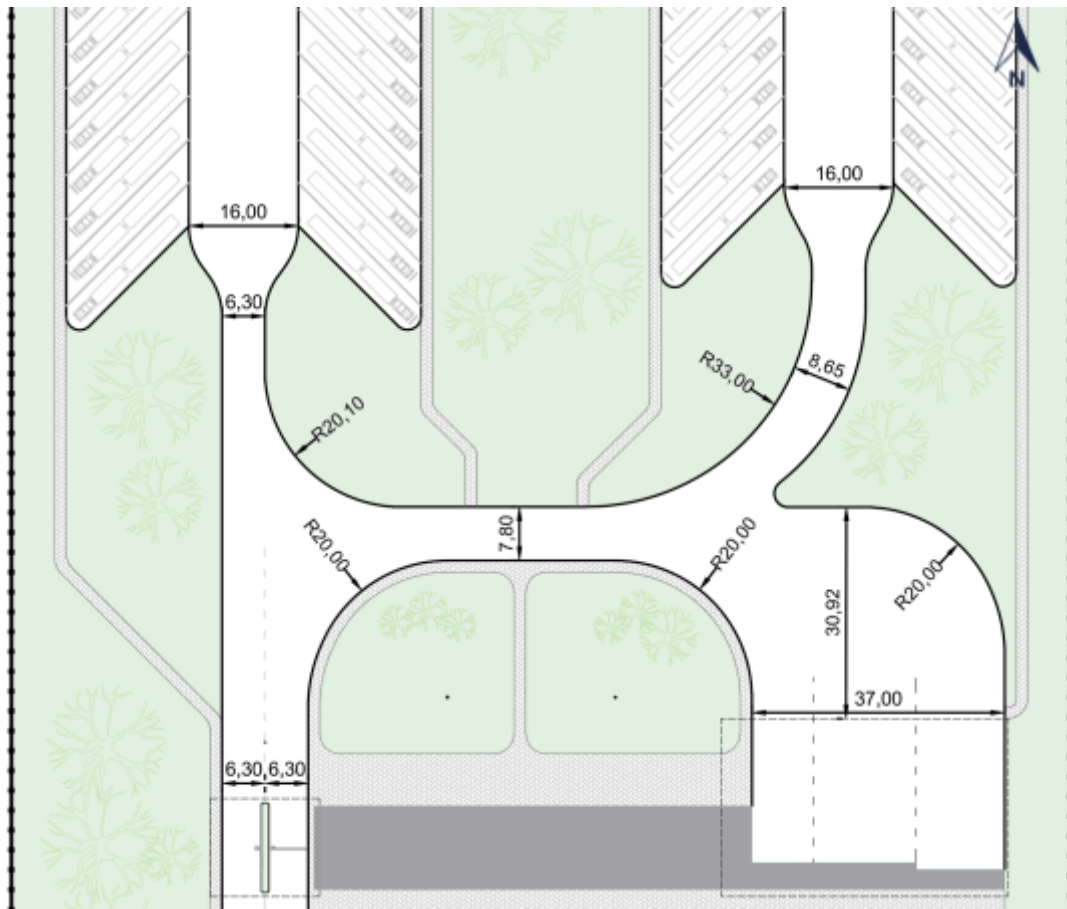


Figura 5.2.13. Anchos de calzada en sector de maniobras. Fuente: elaboración propia. Medidas en metros

5. Terminaciones de calles internas: una vez realizadas todas las simulaciones necesarias del recorrido de los camiones y obtenido un diseño tentativo de las calles internas, se procedió a ajustar las dimensiones de los alineamientos rectos, curvas e intersecciones, con el fin de lograr un diseño coherente con la planta general del resto de los elementos que componen la playa de estacionamiento. Asimismo, se completaron aquellos espacios que, si bien no están destinados a la circulación, carecía de sentido dejarlos sin pavimentar.

5.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN

Como instancia inicial para el diseño del acceso, se procedió a la clasificación de la Ruta Provincial N.º 40, tomando como referencia los criterios establecidos por la Dirección Nacional de Vialidad.

De acuerdo con datos oficiales de la Provincia de Santa Fe, el tramo Reconquista – Fortín Olmos de la Ruta Provincial N.º 40 presenta un TMDA comprendido entre 600 y 1000 vehículos por día. A partir de esta información, se determinó que la traza corresponde a una vía de Categoría III con topografía en llanura. Esta clasificación resulta fundamental ya que define los parámetros de diseño a considerar que serán utilizados a continuación.

Se muestran en la Figura 5.3.1 los posibles movimientos que se realizan en la intersección:

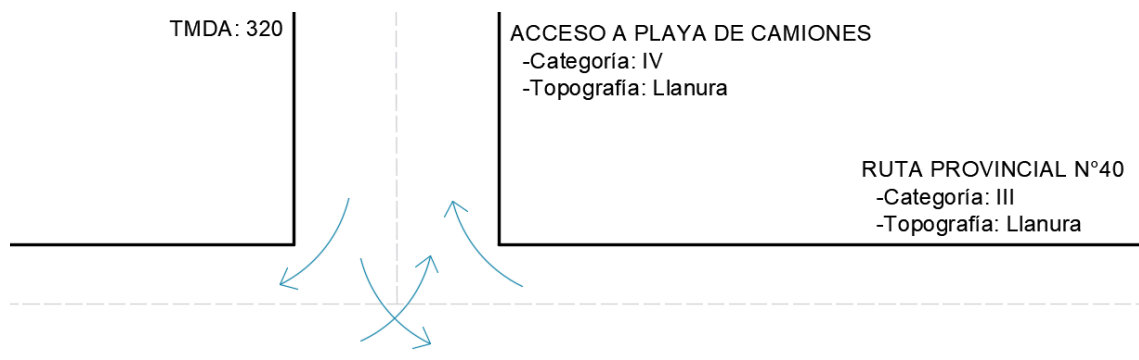


Figura 5.3.1. Posibles movimientos vehiculares. Fuente: Elaboración propia.

Se considera que el ingreso a la planta va a darse tanto por camiones que llegan en sentido Oeste-Este por la RP40 y a su vez, por camiones que llegan por la Ruta Nacional N.º 11 a la ciudad y desean utilizar la playa, por lo que llegan en sentido Este-Oeste. Por esto, se plantean carriles de desaceleración para ambos sentidos de circulación y un carril de aceleración para poder incorporarse al tránsito a la salida de la playa. Los mismos serán de tipo paralelo (o rectangular), es decir, se añade un carril a la calzada principal, provista de una transición (cuña) en su extremo.

De acuerdo con los criterios de diseño vial, cuando el volumen de tránsito asociado a un acceso supera los 200 vehículos por día resulta recomendable la implementación de intersecciones canalizadas, a fin de mejorar las condiciones de seguridad y operación mediante la segregación de movimientos y la organización del flujo vehicular. En el presente proyecto se adopta una estrategia de desarrollo por etapas, proponiéndose en una primera instancia una intersección no canalizada con embocadura ensanchada, carriles de aceleración y deceleración, y una geometría de acceso resuelta mediante una curva compuesta de tres centros, adecuada para la circulación de vehículos pesados. Esta solución responde a las condiciones de demanda previstas para la etapa inicial de operación y permite una adecuada funcionalidad del acceso. Asimismo, se prevé que, ante un incremento del tránsito que lleve a superar el umbral de 200 vehículos por día, la intersección sea reevaluada y adaptada mediante la incorporación de una

solución canalizada, garantizando así una respuesta acorde a las futuras necesidades operativas y de seguridad vial.

5.3.1 Diseño de los carriles de aceleración y desaceleración

Al analizar la velocidad desarrollada por los vehículos que circulan por la ruta al pasar por la intersección, se identifica en dicha zona la presencia de un radar que limita la velocidad a 60 km/h debido a la presencia de urbanización (se considera entonces una velocidad menor a la velocidad de diseño de 110 km/h). Además, se considera una velocidad media de marcha en el giro de 20 km/h.

Por otro lado, se adopta para los carriles un ancho igual al de los carriles de circulación de 3,65m. Además, según lo convenido por Vialidad Nacional se adopta una transición de ancho en forma de cuña triangular, cuya longitud será 80 m para la desaceleración (tasa de abocinamiento de 1:22 para carril de 3.65 m), y en 110 m para la aceleración (tasa de abocinamiento de 1:30).

Carril de deceleración:

Los carriles de deceleración deben poseer una longitud adecuada para permitir la reducción de la velocidad del tránsito saliente, hasta lograr una velocidad acorde al radio de giro. En las intersecciones a nivel sirven también como dársena de espera para el tránsito que gira a izquierda.

A los fines del diseño se supone que los conductores que ingresan al carril de desaceleración viajan a 60km/h dado que se definió como la velocidad límite del tramo. La diferencia entre esta velocidad y la velocidad media de marcha en el giro de 20 km/h es la variación de la velocidad la que determina la longitud del carril de deceleración.

De todas las consideraciones mencionadas resulta el carril de deceleración con una longitud final de 100 metros, como se muestra en la Tabla 5.3.1.

Tabla 5.3.1: Longitud de carriles de deceleración. Fuente: DNV - Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial.

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	55	105	100	90	80					80
70	63	125	115	105	95	80				80
80	70	140	135	125	110	95	80			80
90	77	160	155	145	130	120	95	80		80
100	85	190	180	170	155	140	120	95		80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85	80
120	98	230	225	215	200	185	165	140	110	80
130	104	255	250	240	225	210	185	160	130	80

Para el caso del ingreso con giro a izquierda se utiliza un carril de deceleración que a su vez cumple la función de dársena de espera, por lo que se considera que el vehículo en algunos casos deberá detenerse por completo antes de realizar el giro, es decir, reducir su velocidad a 0

km/h. Así, se obtiene una longitud de 105 metros para dicho carril (considerando los 80 metros de cuña).

Carril de aceleración:

Los carriles de aceleración deben poseer una longitud suficiente para alcanzar una velocidad cercana a la velocidad promedio del tránsito directo. La explicación es similar al carril de deceleración, pero claramente se distingue que la longitud es considerablemente mayor, esto debido a que el vehículo necesita mayor trayectoria para lograr alcanzar la VMM propuesta.

Continuando con el mismo criterio del carril de deceleración, da como resultado una longitud de 165 m (incluyendo una cuña de transición de 110 m). Este resultado se muestra en la Tabla 5.3.2.

Tabla 5.3.2: Longitud de carriles de aceleración. Fuente: DNV - Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial.

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	47	185	165	140	110					110
70	55	230	210	180	145	110				110
80	62	275	255	225	190	140				110
90	69	330	305	280	240	195	130			110
100	77	390	370	345	305	260	200	125		110
110	83	445	425	400	360	310	250	180	110	110
120	90	515	490	465	425	375	315	245	160	110
130	97	575	550	525	485	440	380	305	225	110

En la Tabla 5.3.3 se pueden observar las hipótesis adoptadas para cada carril, con su longitud total y longitud de cuña correspondiente.

Tabla 5.3.3: Longitud de carriles de aceleración y deceleración.

Denominación carril	Velocidad de diseño [km/h]	Velocidad de rama [km/h]	Long. carril [m]	Long. cuña [m]
Aceleración con giro a derecha	60	20	165	110
Aceleración con giro a izquierda	60	20	165	110
Deceleración con giro a derecha	60	20	100	80
Deceleración con giro a izquierda	60	0	105	80

5.3.2 Diseño geométrico de la curva para giros a derecha

A medida que los vehículos crecen en tamaño y giran con ángulos mayores, como es el caso de nuestro vehículo de diseño, las curvas simples circulares no son convenientes, y es así que se adopta para el desarrollo de los giros a derecha el diseño de una curva simétrica compuesta de tres centros para la velocidad de maniobra (15km/h). Se utiliza una curva de Radios 55 - 18 - 55 con un retranqueo de 2m.

Para el replanteo de curvas de tres centros, los datos del problema son:

- Los radios de las tres circunferencias (R1, R2 y R3) que se enlazan entre sí
- Los desplazamientos o retranqueos que se dan a la circunferencia de radio menor (central) con respecto de cada uno de los bordes de las calzadas que se cortan.

Según la Tabla 5.3.4 obtenida de la DNV, se recomienda para nuestro vehículo de diseño una curva de Radios 120 - 20 - 120 con un retranqueo de 3 metros.

Tabla 5.3.4: Trazados mínimos de bordes de calzada en intersecciones sin canalizar. Fuente: DNV - Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial.

Vehículo tipo	Ángulo de giro (°)	Curva compuesta de tres centros (simétrica)		Curva compuesta de tres centros (asimétrica)	
		Radio m	Retranqueo m	Radio m	Retranqueo m
P SU WB-12 WB-15 WB-19	30	- - - 140 - 50 - 140	- - - 1,2	- - - 90 - 50 - 165	- - - 0,6 - 1,4
P SU WB-12 WB-15 WB-19	45	- - 60 - 30 - 60 140 - 70 - 140	- - 1 0,6	- - 35 - 45 - 165	- - 1 - 2,6
P SU WB-12 WB-15 WB-19	60	- - 60 - 25 - 60 120 - 30 - 120	- - 1,7 4,5	- - 60 - 25 - 85 35 - 40 - 65	- - 0,6 - 2 3 - 3,7
P SU WB-12 WB-15 WB-19	75	30 - 8 - 30 35 - 15 - 35 35 - 15 - 35 45 - 15 - 45 135 - 25 - 135	0,6 0,6 1,5 2 4,5	- 35 - 15 - 60 45 - 15 - 70 45 - 30 - 165	- 0,6 - 2 0,6 - 3 1,5 - 3,6
P SU WB-12 WB-15 WB-19	90	30 - 6 - 30 36 - 15 - 36 36 - 15 - 36 55 - 18 - 55 120 - 20 - 120	0,8 0,6 1,5 2 3	- 35 - 12 - 60 35 - 12 - 60 50 - 20 - 110	- 0,6 - 2 0,6 - 3 1,5 - 3,6

Se muestran en la Figura 5.3.2 los parámetros de la curva obtenida.

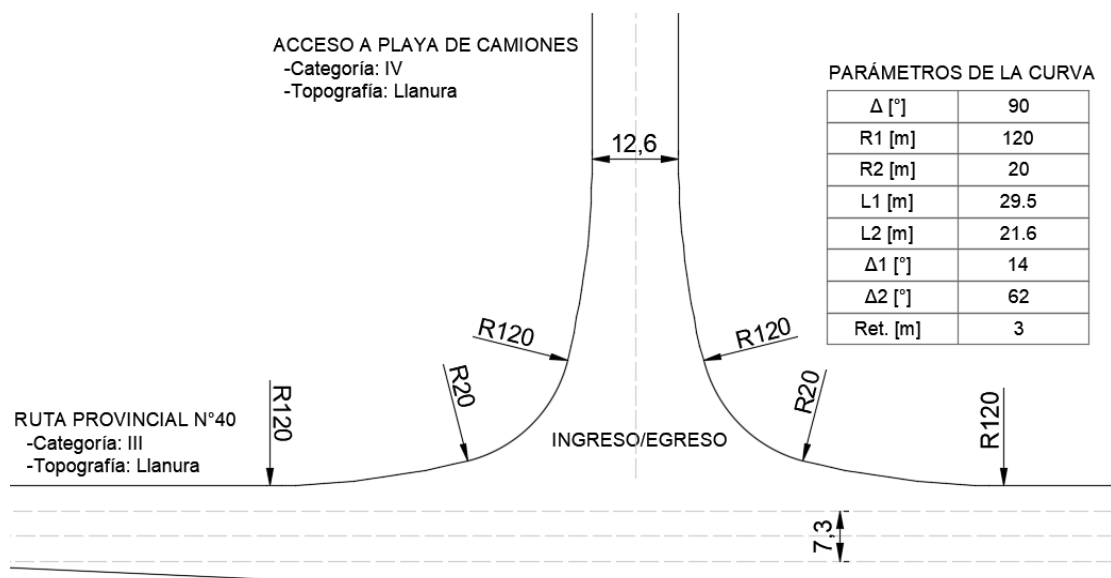


Figura 5.3.2. Parámetros de la curva compuesta de tres centros. Fuente: Elaboración propia.

5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

La zona interior de la playa de estacionamiento se proyecta con un pavimento rígido ya que el hormigón presenta una alta resistencia estructural, capaz de soportar el pasaje constante de vehículos pesados a bajas velocidades sin deformaciones significativas. Entre sus principales ventajas se destaca su elevada durabilidad, ya que puede alcanzar una vida útil de 30 a 40 años, superando ampliamente al pavimento flexible asfáltico, cuya vida útil suele situarse entre 10 y 15 años.

Para el acceso y los carriles de aceleración y desaceleración de ingreso y egreso a la playa de estacionamiento se adopta un pavimento flexible, manteniendo la misma tipología que la existente en la Ruta Provincial N.º 40. El diseño y dimensionamiento de la estructura se realiza mediante el método AASHTO '93, considerando las condiciones de tránsito previstas y las características de la subrasante.

5.4.1 Caracterización de la subrasante

En el "[Anexo I - Estudio de suelos](#)" se presentan las planillas de estudios geotécnicos preexistentes, correspondientes a pozos de auscultación cercanos a la zona de implantación del proyecto, las cuales fueron recopiladas para la elaboración del presente trabajo. Analizando los datos obtenidos en el mismo, se observa que hasta una profundidad de 4 metros existe un claro predominio de las arcillas de mediana-baja plasticidad CL, cuyas propiedades físicas promedios son Límite Líquido promedio (LLp) 37,5%, el Índice de Plasticidad promedio (IPp) de 16,5% y el pasante # 200 promedio de 78,3%.

Luego a partir de una correlación mediante la ecuación del apunte Parametrización de Suelos del Ingeniero Augusto Jose Leoni se obtiene el CBR de la subrasante con suelo del lugar.

$$\log CBR = 35,5 \times (N_{60})^{0,64} \times [1 - (0,8)^{(0,15+0,004N_{60})}]$$

$$N = 8$$

$$CBR = 5\%$$

Para asegurar una menor susceptibilidad a los cambios de humedad y homogeneidad en sus características mecánicas, se propone el tratamiento con cal de los suelos existentes.

5.4.2 Determinación de las solicitaciones de tránsito

La playa de estacionamiento está proyectada sobre la R.P. N°40, a unos 2,4 km del cruce con la Ruta Nacional N°11. Para determinar las solicitaciones debidas al tránsito, se tomó como referencia la Ruta Nacional N.º 11, ya que la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) dispone de datos censales y de aforos de acceso público para esta vía. Asimismo, se trata de uno de los principales corredores de circulación de camiones destinados al transporte de materias primas y

productos vinculados a las actividades económicas de la región, por lo que resulta representativa para caracterizar la demanda de tránsito del proyecto.

Se obtienen datos de dos tramos referidos a la ciudad de Reconquista. Como se observa en la Figura 5.4.1, uno de los tramos comprende desde Malabrigo hasta la entrada de Reconquista, mientras que el otro tramo va desde la salida de Reconquista hasta el empalme con la Ruta Provincial N°32.



Figura 5.4.1. Tramos de tránsito relevados para Reconquista en la R.N.11. Fuente: Google Earth.

En la siguiente Figura 5.4.2 se muestra el TMDA medido para ambos tramos. Se puede apreciar que hay una diferencia de 430 vehículos entre los trayectos relevados, por lo que podemos inferir que esa porción de volumen vehicular se concentra en el interior de la Ciudad de Reconquista.

Número	Distrito	Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA	Detalle	Observaciones
7	Santa Fe	ACC.A MALABRIGO - RECONQUISTA (ENT.)/INT.R.N.A009	747,99	787,23	3600	ver	Cobertura
7	Santa Fe	RECONQUISTA (ENT.)/INT.R.N.A009 - RECONQUISTA (SAL.)	787,23	789,95			Area Urbana
7	Santa Fe	RECONQUISTA (SAL.) - EMP.R.P.32 (D)	789,95	872,48	3326	ver	Permanente

Figura 5.4.2. TMDA de la R.N.11 en Reconquista. Fuente: Dirección Nacional de Vialidad (DNV), consulta del TMDA, año 2025.

En la Figura 5.4.3 se puede apreciar la distribución para cada tramo por tipo de vehículo, donde se resalta principalmente la proporción que representan los vehículos pesados. En términos

PROYECTO IV: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES RECONQUISTA

GRUPO 05: FABRIZIO, NARDELLI, ROBERTTI, TOSTI

generales, se establece que más de 1000 camiones circulan continuamente. Este elevado volumen de tránsito pesado permite inferir que la diferencia mencionada de 430 vehículos corresponde, en su mayor parte, a camiones.

ACC.A MALABRIGO - RECONQUISTA (ENT.)/INT.R.N.A009						37,3%		
Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus		S/A	C/A	Semi
2019	8	48	57,6	5,1		6,5	12,9	17,9
RECONQUISTA (SAL.) - EMP.R.P.32 (D)						32,8%		
Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus		S/A	C/A	Semi
2024	4	48	64,3	2,9		5,7	10,1	17

Figura 5.4.3. Composición vehicular de la R.N.11 en Reconquista.

Si se considera que el 80% de la diferencia de 430 vehículos corresponde a camiones, se obtiene que transitan 344 camiones diarios en la ciudad de Reconquista. Este valor resulta similar a los 320 camiones diarios obtenidos a partir del dimensionamiento de la playa, considerando un esquema de rotación de 12 horas. En consecuencia, se adopta un TMDA de diseño de 320 camiones por día.

Cabe destacar que como dicho TMDA se determina a partir de los lugares disponibles de estacionamiento, los cuales van a permanecer fijos durante el período de diseño del pavimento, corresponde adoptar una tasa de crecimiento del tránsito nula.

Una vez definido el volumen de camiones que van circular en un día promedio, se calculan las solicitudes a las que van a estar sometidos los dos tipos de pavimento. En el caso del pavimento rígido se determina un espectro de cargas, mientras que en el pavimento flexible se define un número de ejes equivalentes en efecto destructivo para un eje de 80 KN.

En la Figura 5.4.4, se observa la composición vehicular del tramo Reconquista-Empalme R.P.32.

Limites del Tramo	PRi	PRf	Ano	Mes	Horas	LIV	BU1	BU2	SA1	SA2	CA1	CA2	CA3	SE1	SE2	SE3	SE4
RECON- QUISTA (SAL.) - EMP.R.P.32 (D)	789.95	872.48	2024	4	48	64,3	0,8	2,1	4,9	0,8	0,7	6,3	3,1	1,5	6,9	6,7	1,9

Figura 5.4.4. Clasificación vehicular de la R.N.11 en Reconquista.

En lo que respecta a la elección de vehículos pesados que van a ingresar al predio, se seleccionan aquellos que presentan mayor porcentaje en las categorías de camión sin acoplado, camión con acoplado y camiones semirremolque. En la Tabla 5.4.1 se resaltan en color verde los tipos de camiones seleccionados con su respectivo porcentaje respecto al volumen total del tránsito.

Tabla 5.4.1. Clasificación vehicular de la R.N.11 en Reconquista.

Tipo de Vehículo	Configuración de ejes	% composición vehicular
AUTOS	S1-S1	32.15
CAMIONETAS	S1-S1	32.15
ÓMNIBUS	S1-S1	0.8
	S1-D2	2.1
CAMIONES SIN ACOPLADO (SA)	S1-D1	4.9
	S1-D2	0.8
CAMIONES CON ACOPLADO (CA)	S1-D1-D1-D1	0.7
	S1-D1-D1-D2	6.3
	S1-D2-D1-D1	-
	S1-D2-D1-D2	3.1
	S1-D1-D1-D1-D1	-
CAMIONES SEMI REMOLQUES (SE)	S1-D1-D1	1.5
	S1-D1-D2	6.9
	S1-D1-D3	3.35
	S1-D2-D2	3.35
	S1-D2-D3	1.9

Luego se calcula el porcentaje relativo de cada camión seleccionado a partir de la proporción que representa en el TMDA de la R.N.11, como se muestra a continuación. En la Tabla 5.4.2 se presentan los resultados.

$$\% \text{ Tipo camión} = \frac{\% \text{ Tipo camión TMDA}}{\sum (\% \text{ Tipo camión TMDA})} \cdot 100$$

Tabla 5.4.2. Porcentaje de cada tipo de camión.

Tipo de Vehículo	Configuración de ejes	Rec. sal. - emp. R.P N°32 (Año 2024) [%]
CAMIONES SIN ACOPLADO (SA)	S1-D1	19.76
CAMIONES CON ACOPLADO (CA)	S1-D1-D1-D2	25.40
CAMIONES SEMI REMOLQUES (SE)	S1-D1-D2	27.82
	S1-D1-D3	13.51
	S1-D2-D2	13.51

A partir de estos porcentajes y conociendo los tipos de ejes que componen cada camión seleccionado se determina el espectro de cargas para el pavimento rígido por cada 1000 camiones, el cual se puede observar en la Tabla 5.4.3.

Tabla 5.4.3. Espectro de cargas cada 1000 camiones.

Eje	Carga por eje [tn]	Repeticiones
S1 (Simple)	6	1000
D1 (Simple - Dual)	10.5	1123
D2 (Tándem)	18	806
D3 (Tridem)	25.5	136

Para el dimensionamiento de pavimentos flexibles, la solicitud del tránsito en un tramo se representa mediante el número “N”, que corresponde a la cantidad de reiteraciones de ejes estándar de 8,16 toneladas, que es equivalente en efecto destructivo al espectro real de cargas en un carril, y a lo largo del período de diseño. Dicho número N se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$N_{(8.16t)} = TMDA_0 \times Fd \times Fc \times Fa \times Fp \times \sum_i (\% veh_i \times Ce_{(8.16t) i})$$

El tránsito liviano no fue considerado para el cálculo del número N, debido a que su incidencia resulta despreciable frente al intenso flujo de camiones que ingresan a la playa. Asimismo, dado que se asume una tasa de crecimiento del tránsito nula, el factor de proporcionalidad (Fp) toma el valor de 1.

A continuación, se determina el coeficiente de efecto destructivo (Ce) correspondiente a cada tipo de camión mediante las expresiones indicadas:

$$Ce_{(por\ vehículo)} = \sum_i (Ce_{(por\ eje) i})$$

$$Ce_{(eje)} = \sum_i \left(\frac{Py}{Px} \right)^a$$

Debido a que se trata de un pavimento flexible, se adopta un valor $a = 4$, parámetro que depende de la rigidez estructural del pavimento.

Por último, la carga máxima admisible para cada tipo de eje se obtiene a partir de los límites establecidos por la Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449 y su Decreto Reglamentario N.º 32/2018 (Anexo correspondiente).

En la Tabla 5.4.4 se muestran los factores C_e obtenidos para cada tipo de eje. Luego, en la Tabla 5.4.5 se muestran los factores C_e por tipo de vehículo para los vehículos considerados.

Tabla 5.4.4. C_e por tipo de eje.

Eje	Carga de Referencia [tn]	Carga Máxima [tn]	C_e
S1	7	6	0.54
D1	8.16	10.5	2.74
D2	15	18	2.07
D3	20	25.5	2.64

Tabla 5.4.5. C_e por tipo de vehículo.

Coeficiente de efecto destructivo		alfa*		4	
Tipo de camión	Cantidad de Ejes S1 de un camión	Cantidad de Ejes D1 de un camión	Cantidad de Ejes D2 de un camión	Cantidad de Ejes D3 de un camión	C_e
S1-D1	1	1	0	0	3.28
S1-D1-D1-D2	1	2	1	0	8.10
S1-D1-D2	1	1	1	0	5.35
S1-D1-D3	1	1	0	1	5.92
S1-D2-D2	1	0	2	0	4.69

Luego, en la Tabla 5.4.6. se obtienen los factores C_{ti} , como el producto entre C_t y los porcentajes de composición según cada tipo de vehículo.

Tabla 5.4.6. Factor de conversión en ejes equivalentes.

Tipo de vehículo	Config. de ejes	Composición veh. [%]	C_e	C_{ti}
CAMIONES SIN ACOPLADO (SA)	S1-D1	19.76	3.28	0.648
CAMIONES CON ACOPLADO (CA)	S1-D1-D1-D2	25.4	8.10	2.057
CAMIONES SEMI REMOLQUES (SE)	S1-D1-D2	27.82	5.35	1.490
	S1-D1-D3	13.51	5.92	0.800
	S1-D2-D2	13.51	4.69	0.633
%Pd		100	Ct A	5.628

Finalmente se determina el número de ejes equivalentes, según los siguientes datos presentados en la Tabla 5.4.7:

Tabla 5.4.7. Factor de conversión en ejes equivalentes.

Cálculo del número de ejes N	
Pavimento	Flexible
Factor de carril (Fc)	1
Factor de direccionalidad (Fd)	1
Tasa de incremento del tránsito (r)	0
Periodo de diseño (T)	15
Ct A	5.628
Factor valor diario a anual (Fa)	365
TMDA	320

$$N_{(8.16t)} = 320 \times 1 \times 1 \times 365 \times 1 \times 5,628 = 657.371 = 6,57. 10^5$$

5.4.3 Dimensionamiento estructural del pavimento rígido

El diseño del pavimento rígido correspondiente a los carriles de circulación interna de la playa y a las dársenas de estacionamiento de camiones se realiza mediante el Método de la Portland Cement Association (PCA, 1984), utilizando el software desarrollado por el Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA). Esta herramienta permite procesar los datos de entrada del proyecto y efectuar las verificaciones correspondientes a los mecanismos de falla por fatiga y erosión, obteniéndose como resultado el espesor mínimo de losa requerido para garantizar un adecuado comportamiento estructural durante el período de diseño adoptado.

En este tipo de pavimento, la elevada rigidez del hormigón permite limitar la profundidad de las tensiones, reduciendo las presiones transmitidas a la subrasante, por lo que se requiere una menor cantidad de capas en comparación con un pavimento flexible. Por este motivo, se opta por disponer una única capa de base entre la losa de hormigón y la subrasante.

En la Tabla 5.3.8 se resumen los datos de entrada utilizados en el software de diseño. Seguidamente, se expone la justificación técnica correspondiente a cada uno de los parámetros adoptados.

Tabla 5.4.8. Datos ingresados al Software del ICPA.

Datos ingresados al Software	
Tipo de pavimento	Rígido
Período de diseño [años]	35
TMDA de vehículos pesados [VP/DÍA]	320
Tasa de crecimiento del tránsito	0%
Fd y Fc	100%
Hormigón de calzada	H-30 - Agregado triturado
CBR subrasante	5%
Base	12 cm - H°P°
Banquina vinculada	No
Pasadores	Si
Todos los vehículos ingresan con su carga máxima permitida	

Datos del proyecto

En primer lugar, se definen las características generales del proyecto, siendo una de las más relevantes para el dimensionamiento del pavimento el período de diseño. Este parámetro, que habitualmente varía entre 20 y 50 años, representa la vida útil durante la cual la estructura debe satisfacer las condiciones de servicio previstas.

La adopción de períodos de diseño reducidos implica una mayor frecuencia de intervenciones a lo largo de la vida útil del pavimento, mientras que períodos más extensos demandan estructuras de mayor capacidad y, por consiguiente, una inversión inicial más elevada. Considerando estas cuestiones, se adopta un período de diseño de **35 años**, buscando un equilibrio entre la inversión inicial requerida y los costos de mantenimiento y rehabilitación futuros.

Datos del tránsito

Los parámetros de tránsito requeridos para el dimensionamiento corresponden al TMDA, la tasa de crecimiento del tránsito pesado y el espectro de cargas representativo de la zona de estudio. En este último caso, se consideran los tipos de ejes S1, D1, D2 y D3.

Los valores adoptados para estos parámetros fueron determinados previamente en el apartado [“5.4.2 Determinación de las solicitudes de tránsito”](#).

Datos de la estructura y materiales

- Hormigón de la calzada

Otra de las propiedades que interviene en el diseño es la calidad del hormigón de la losa. Habitualmente se recomiendan hormigones de clase H-30 o H-35, con valores de módulo de rotura superiores a 4,50 MPa. En este caso, se adopta un hormigón H-30 con agregado triturado, cuya mayor trabazón interna contribuye a mejorar la resistencia mecánica del material.

- Base y subrasante

También se ingresan las características de las capas de apoyo ubicadas por debajo de la losa de hormigón, con el objetivo de determinar el módulo de reacción equivalente (k) de la estructura combinada. En primer lugar, para la subrasante, se estimó el valor del módulo resiliente a partir del CBR de diseño ingresado. Posteriormente, se definieron el espesor y el tipo de material correspondiente a la capa de base.

En este tipo de pavimento, la principal característica de las capas de apoyo de la superficie de rodamiento no está asociada a su capacidad estructural, sino a su aptitud para resistir y controlar los procesos de erosión producidos por las cargas repetidas y el bombeo de finos.

En la Figura 5.4.5. se presentan los distintos tipos de materiales que pueden emplearse como base del pavimento en función de su potencial de erosión [PIARC, 1986]. Asimismo, se incluyen recomendaciones para la selección del tipo de base según el tránsito pesado previsto, expresado como TMDA de camiones.

Calificación del Potencial de Erosión de distintos tipos de bases. [PIARC, 1986]			
Potencial de Erosión	Tipo de material	Factor de Pérdida de Soporte, LS (AASHTO 92) ¹	
Extremadamente resistente a la erosión	Hormigón pobre con 7% - 8% de cemento o mezclas de concreto asfáltico.	0	> 2000 vehículos pesados x día
Resistente a la erosión	Material granular tratado con 5 % de cemento o 3 % de asfalto.	0	
Resistente a la erosión bajo ciertas condiciones	Material granular elaborado in situ con 2,5 % de cemento; suelos finos tratados con cemento in situ; materiales granulares limpios, bien graduados y de buena calidad.	0	400 a 2000 vehículos pesados x día
Muy erosionables	Materiales granulares contaminados no tratados; suelos no estabilizados	2-3	Caminos rurales y urbanos secundarios

Figura 5.4.5. Calificación del Potencial de Erosión para bases. Fuente: PIARC, 1986.

Si bien la recomendación precedente permite adoptar una base granular tratada con cemento, se opta por utilizar hormigón pobre como capa de apoyo de la losa. Esta elección se fundamenta en que los materiales granulares o los suelos tratados con cemento conservan cierta susceptibilidad a los fenómenos de bombeo y erosión bajo la acción repetida de las cargas. En cambio, el hormigón pobre presenta una mayor resistencia a dichos mecanismos de deterioro, proporcionando un soporte más estable y duradero para el pavimento.

Respecto del espesor de la base, la bibliografía recomienda valores comprendidos entre 12 y 15 cm. Espesores superiores no generan reducciones significativas en el espesor requerido de la losa y pueden incrementar excesivamente la rigidez de la estructura, afectando su comportamiento frente a las tensiones originadas por gradientes térmicos. Por estas razones, se adopta un espesor de 12 cm, correspondiente al mínimo valor recomendado.

Verificación

Una vez definidos e ingresados todos los parámetros de diseño, se procede a la verificación de la estructura de pavimento propuesta. Para ello, se adopta el factor de seguridad de carga ($FSC=1,1$) en función del volumen de tránsito pesado considerado en el proyecto. En la Figura 5.4.6 se observan los resultados obtenidos.

Espesor de calzada: <-- Ingrese espesor a verificar en mm

Msg: Se ha encontrado espesor mínimo.

Determinar espesor mínimo

Exportar informe

Consumo por Fatiga:	0,0%	VERIFICA
Consumo por Erosión:	97,8%	VERIFICA

Figura 5.4.6. Verificación y determinación del espesor mínimo de calzada.

El espesor obtenido a partir del dimensionamiento es de 226 mm. En consecuencia, se adopta un espesor final de losa de 23 cm. Los resultados completos generados por el software, junto con las capturas correspondientes a los datos de entrada utilizados en el cálculo, se presentan en el ["Anexo II - Dimensionamiento de pavimento rígido \(ICPA\)"](#).

5.4.4 Diseño de juntas

El diseño de juntas se realiza de acuerdo con los criterios establecidos en el Capítulo 3, "Juntas, Intersecciones y Transiciones", del Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón del ICPA.

Tipos de juntas

- Junta transversal de contracción (Tipo A-1)

Las juntas transversales constituyen el principal mecanismo para controlar la fisuración originada por la retracción del hormigón durante el proceso de fraguado. Dado que la transferencia de cargas entre losas a través de estas juntas resulta limitada, se dispone la incorporación de barras pasadoras en la totalidad de las juntas transversales, con el objetivo de garantizar una adecuada transferencia de las solicitaciones generadas por el tránsito pesado, tal como se muestra en la Figura 5.4.7.

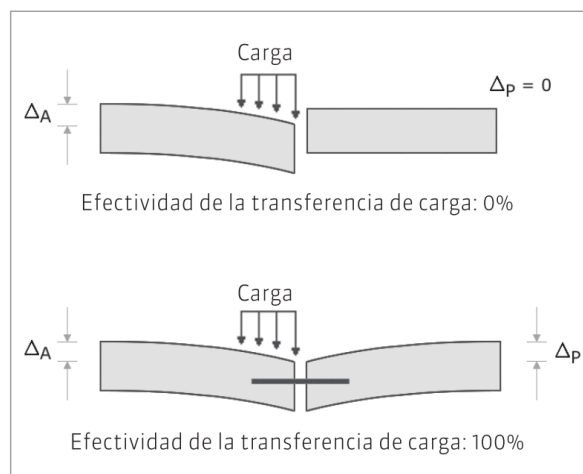


Figura 5.4.7. Eficiencia en la transferencia de carga. Fuente: Manual ICPA.

De acuerdo con las recomendaciones del ICPA, para espesores de los comprendidos entre 20 y 25 cm se adoptan pasadores de 32 mm de diámetro.

En la Figura 5.4.8. se muestra un esquema de la junta Tipo A-1.

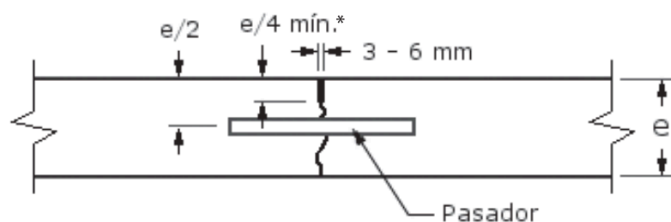


Figura 5.4.8. Esquema junta transversal de contracción (Tipo A-1). Fuente: Manual ICPA.

- Junta longitudinal de contracción o articulación (Tipo C-1)

Controla la formación de fisuras, se emplean barras de unión. Estas son de acero conformado superficialmente con un diámetro de 10 mm. Se ubican a la mitad del espesor de la losa y se colocan perpendiculares a la dirección longitudinal del camino. Para el diámetro adoptado se corresponde a un largo de barra de unión de 60 cm.

En la Figura 5.4.9. se muestra un esquema de la junta Tipo C-1.

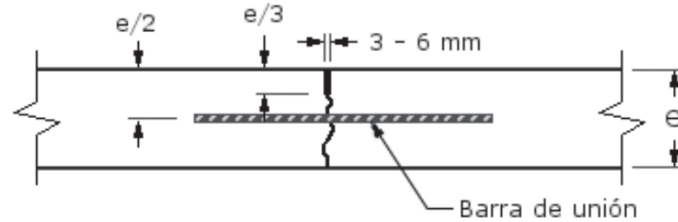


Figura 5.4.9. Esquema junta longitudinal de contracción o articulación (Tipo C-1). Fuente: Manual ICPA.

- Junta longitudinal de construcción ensamblada a borde libre (Tipo D-2)

Dividen dos zonas pavimentadas en tiempos diferidos, es decir, cuando la calzada se construye en distintas etapas o por fajas. La misma no lleva barras de unión, lo que permite cierto grado de movimiento entre paños de losas adyacentes.

En la Figura 5.4.10. se muestra un esquema de la junta Tipo D-2.

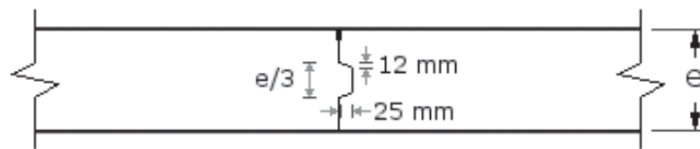


Figura 5.4.10. Esquema junta de construcción o ensamblada a borde libre (Tipo D-2). Fuente: Manual ICPA.

- Junta de dilatación (Tipo E)

Se ejecuta para permitir movimientos diferenciales entre dos zonas pavimentadas o contra una estructura fija. Se emplean en los siguientes casos:

- Intersecciones de pavimentos de hormigón.
- Curvas de pequeño radio (en el principio y fin de curva).
- Zonas con cambios abruptos en la pendiente vertical.
- Contra estructuras fijas.
- En transiciones con otros pavimentos.

En este tipo de juntas se emplean pasadores para permitir la transferencia de cargas, en donde uno de los extremos lleva un capuchón relleno con material compresible.

En la Figura 5.4.11. se muestra un esquema de la junta Tipo E.

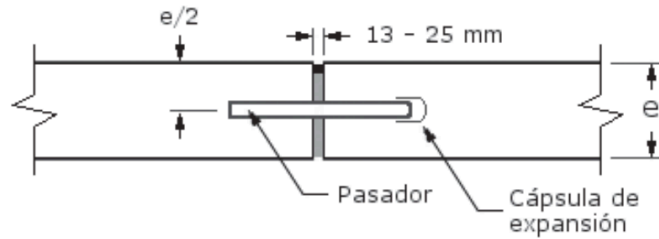


Figura 5.4.11. Esquema junta de dilatación (Tipo E). Fuente: Manual ICPA.

- Transición entre pavimento rígido y pavimento flexible o zona no pavimentada

Se debe colocar esta transición en la zona donde se presentan pavimentos de distintas rigideces, la cual consta de una viga invertida de contención longitudinal.

Separación y disposición de juntas

Según lo indicado en el manual, la separación entre juntas de pavimento debe ser inferior a:

$$\text{Sep. Máxima} = K * e$$

Siendo:

- K : constante, igual a 21 para bases tratadas con cemento o asfalto, e igual a 24 para bases no tratadas o granulares.
- e : es el espesor de losa de pavimento.

En este caso:

$$\text{Sep. Máxima} = 21 * 23 \text{ cm} = 483 \text{ cm} = 4.8 \text{ m}$$

$$\text{Sep. Máxima recomendada} = 450 \text{ cm} = 4.5 \text{ m}$$

$$\rightarrow \text{Valor adoptado como separación límite} = 4.5 \text{ m}$$

Asimismo, se siguen las siguientes recomendaciones:

- Conformar losas con geometrías lo más cercanas posible a la forma cuadrada, manteniendo una relación largo/ancho inferior o igual a 1,25.
- Evitar esquinas interiores y ángulos menores a 60° . Se recomienda que los encuentros se realicen a 90° .
- Evitar formas irregulares

En el "[Plano 03.4 - Diseño de juntas de pavimento rígido](#)" se encuentra el diseño de juntas correspondiente al trazado del pavimento rígido así como algunos detalles de interés particular.

5.4.5 Dimensionamiento estructural del pavimento flexible (AASHTO '93)

El método AASHTO '93 es un procedimiento empírico para el diseño estructural de pavimentos, basado en los resultados del AASHO Road Test realizado en Illinois (EE. UU.). Su objetivo es determinar el espesor total y de cada capa del pavimento necesario para soportar el tránsito proyectado durante su vida útil, manteniendo una serviciabilidad adecuada (es decir, que el pavimento siga siendo cómodo y seguro para el usuario).

Para aplicar el mismo y dimensionar el pavimento, es necesario contar con la siguiente información:

- TMDA de la playa
- Período de diseño
- Número de ejes equivalentes
- Factor de Proyección del Tránsito
- Características de base y subbase
- Características de subrasante

El objetivo del método es determinar el SN necesario para que el pavimento resista el W_{18} proyectado con la confiabilidad deseada. W_{18} es la solicitud total del tránsito, expresada en términos de una carga estándar de referencia (un eje simple de doble rueda de 80 kN), que el pavimento debe poder soportar antes de alcanzar su condición terminal de serviciabilidad.

Se adopta:

$$W_{18} = N_{(8.16t)} = 6,57 \cdot 10^5$$

Como se indica en el apartado "[5.4.1 Caracterización de la subrasante](#)", se obtuvo del estudio de suelos un CBR = 5%.

El parámetro que se utiliza en el método para caracterizar la subrasante es el Módulo Resiliente. Dado que no se dispone del mismo, se realizan correlaciones con otras propiedades de los materiales para obtener una estimación, utilizando, por ejemplo, el Valor Soporte Relativo (CBR). El método sugiere la siguiente correlación:

$$M_R [psi] = 1500 \cdot CBR$$

$$M_R [psi] = 7500$$

Se calcula el SN (número estructural) requerido mediante el software AASHTO '93, ingresando con los parámetros de diseño que se indican en la Tabla 5.4.9.

Tabla 5.4.9. Parámetros de ingreso al Software

Parámetros de diseño	
R [%]	80%
So	0.45
PSI inicial	4.2
PSI final	2.5
ΔPSI	1.7
Mr [psi]	7500
W18	657,371

En la Figura 5.4.12. pueden verse los datos ingresados en el Software y el SN obtenido.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. The title bar reads 'Ecuación AASHTO 93'. The main header is 'CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)'. Below this, it says 'Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.'.

The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiability (R) and Standard Deviation (So):** A dropdown menu shows '80 % Z_T=0.841' and a text box for 'So' contains '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' contains '7500 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN' shows '3.01' in red, with 'Requerido' written below it. To the left, 'W18 =' is followed by a text box containing '657372'.
- Observaciones:** A large empty text area.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Figura 5.4.12: Resultados con Software EqAASHTO93.

$$SN_{requerido} = 3,01$$

El número estructural SN es un valor adimensional que representa la capacidad estructural o resistencia total de un pavimento para una determinada condición de subrasante y para condiciones particulares de tránsito y serviciabilidad al final del período.

El Número Estructural SN de la estructura se obtiene como:

$$SN_{ESTR} = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + \dots + a_i \times m_i \times D_i$$

Donde:

- a_i : son los coeficientes de aporte estructural [cm-1].
- m_i : son los coeficientes de drenaje.
- D_i : espesor de cada capa [cm].

Por lo tanto, el procedimiento implica seleccionar materiales para cada capa, estimar a_i y m_i según material y drenaje, calcular el SN requerido por la ecuación de diseño y ajustar los espesores de capas hasta cumplir:

$$SN_{ESTR} > SN_{requerido}$$

Se comienza con la propuesta de cuatro capas, las cuales se indican en la Tabla 5.4.10 donde también se pueden apreciar los valores de CBR propuestos.

Tabla 5.4.10. Propuesta de capas para pavimento.

Capas		Material	CBR
Ligadas	Carpeta de rodamiento	CAC D19 R CA30	
	Base asfáltica	CAC D19 B CA30	
No ligadas	Base	Estabilizado Granular	80
	Subbase	Suelo cal	20

En la Tabla 5.4.11 se observan los espesores propuestos para cada capa, y el SN de diseño obtenido, dando como resultado un valor de 3,12. Vale destacar que los coeficientes de capa fueron obtenidos con los gráficos y nomogramas que brinda el método AASHTO.

Tabla 5.4.11. Obtención de SN de diseño para carriles de aceleración y deceleración.

Capas		Material	CBR	Espesor [cm]	a_i [1/cm]	m_i	SNi
Ligadas	Carpeta de rodamiento	CAC D19 R CA30		5	0.177		0.89
	Base asfáltica	CAC D19 B CA30		5	0.177		0.89
No ligadas	Base	Estabilizado Granular	80	15	0.053	1	0.795
	Subbase	Suelo cal	20	15	0.037	1	0.555
SN estructural							3.12

$$SN_{ESTR} = 3.12 > SN_{requerido} = 3.01$$

Se observa que el SN de diseño es mayor que el SN requerido. De esta forma se concluye que los espesores y las capas propuestas resultan una elección adecuada para realizar el pavimento flexible para los carriles de aceleración y deceleración.

5.4.6 Dimensionamiento de la banquina pavimentada

Para llevar a cabo el dimensionamiento de las banquetas pavimentadas se adopta un $N(8,16t)$, asumido como el 2,5% del $N(8,16t)$ calculado para los carriles de aceleración y deceleración.

$$N_{(8,16t)} = 2.5\% (6,57 \cdot 10^5) = 16.435$$

Debido a la baja solicitud de tránsito obtenida para la banquina, se adopta una estructura mínima de pavimento flexible. Para su definición se consideran dos criterios principales. En primer lugar, mantener una estructura compatible con la de los carriles de aceleración y desaceleración, simplificando las tareas constructivas y la ejecución de la obra. En segundo lugar, optimizar el consumo de mezcla asfáltica, utilizándose solamente para la carpeta de rodamiento.

En la Tabla 5.4.12 se observan los espesores propuestos para cada capa, y el SN de diseño obtenido, dando como resultado un valor de 2.24. Esta solución garantiza un adecuado soporte lateral de la calzada y resulta suficiente para las cargas previstas.

Tabla 5.4.12. Estructura adoptada para la banquina pavimentada.

Capas		Material	CBR	Espesor [cm]	ai [1/cm]	mi	SNi
Ligadas	Carpeta de rodamiento	CAC D19 R CA30		5	0.177		0.89
No ligadas	Base	Estabilizado Granular	80	15	0.053	1	0.795
	Subbase	Suelo cal	20	15	0.037	1	0.555
SN estructural							2.24

5.5. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

El edificio de servicios se concibe a partir de una implantación lineal paralela a la Ruta Provincial N°40, lo cual busca consolidar un frente continuo y fácilmente reconocible desde la vía de acceso. En la Figura 5.5.1 se observa la ubicación del mismo.

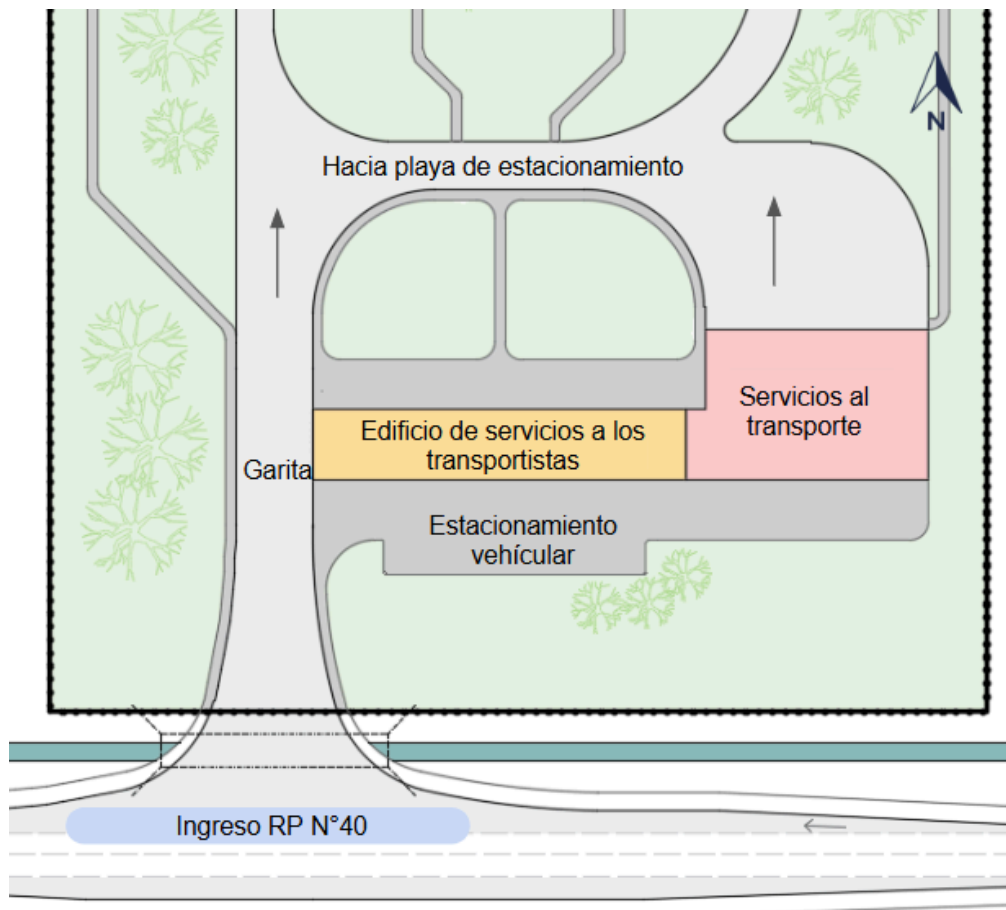


Figura 5.5.1. Distribución general del edificio

Se consideró como criterio para la ubicación del edificio de servicios que las funciones de mayor permanencia se ubiquen en el frente del predio, mientras que las actividades más intensivas y propias del movimiento vehicular se desarrollen hacia el interior, habiendo una distancia entre estas actividades claramente diferenciadas.

Se optó por separarlo del sector de estacionamiento de camiones, entendiendo que la proximidad inmediata a este tipo de uso implica condiciones poco favorables, tales como ruidos constantes, emisiones de gases, polvo en suspensión y contaminación visual.

El diseño se resolvió a través de un sólo edificio lineal, con áreas diferenciadas según las actividades que se desarrollan en cada una: Sector de servicios a los transportistas y sector de servicios al transporte.

El proyecto adopta varios de los criterios establecidos por la **Resolución Provincial N° 319/2011 de la Provincia de Santa Fe**, vinculada a las condiciones básicas de higiene, seguridad y habitabilidad en playas de estacionamiento de camiones. En este sentido, el diseño no solo

responde a requerimientos operativos, sino también a la necesidad de garantizar condiciones adecuadas de permanencia y bienestar para los transportistas durante los tiempos de espera.

5.5.1. Sector de servicios a los transportistas

Se muestra en la Figura 5.5.2 la planta del edificio correspondiente al sector de servicios a los transportistas.

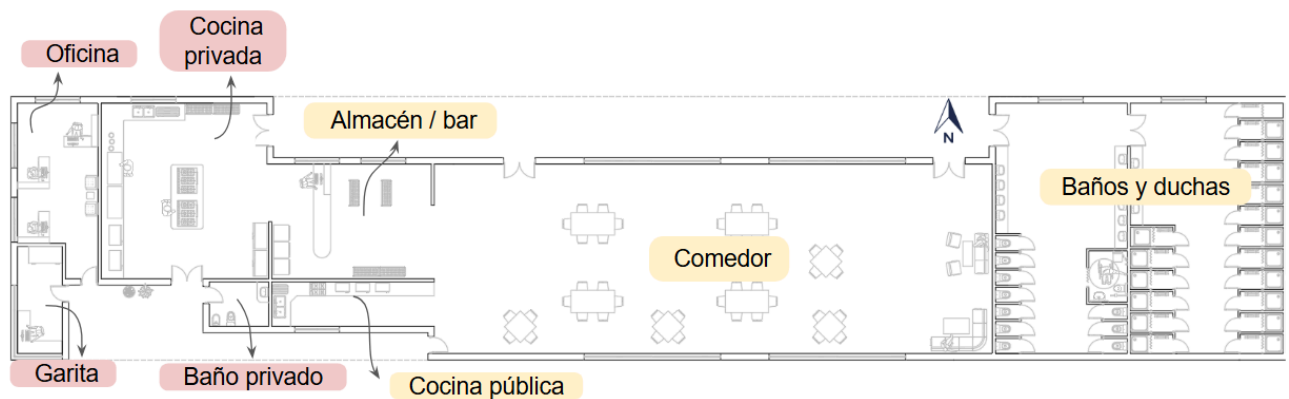


Figura 5.5.2. Distribución del edificio. Fuente: Elaboración propia.

El edificio se organiza a partir de una planta lineal, donde los distintos ambientes se articulan mediante una circulación continua. Se planteó una división entre un sector privado, en el cual sólo circula el personal de trabajo y un sector público para la prestación de servicios a los camioneros. Esto se muestra en la Figura 5.5.3.



Figura 5.5.3. División de sectores según actividad. Fuente: Elaboración propia.

La orientación general del edificio, desarrollado longitudinalmente y con el frente principal hacia el norte, condiciona positivamente la iluminación y ventilación de los ambientes de permanencia prolongada, particularmente en el comedor. Esta disposición permite que todos los espacios tengan iluminación y ventilación natural.

A continuación se desarrollan y justifican cada uno de los ambientes y sus usos. En este ítem se indican las áreas totales de cada uno, mientras que las dimensiones pueden verse en el [Plano 04.2 - Vista en planta del edificio](#)

Garita de seguridad (Figura 5.5.4)

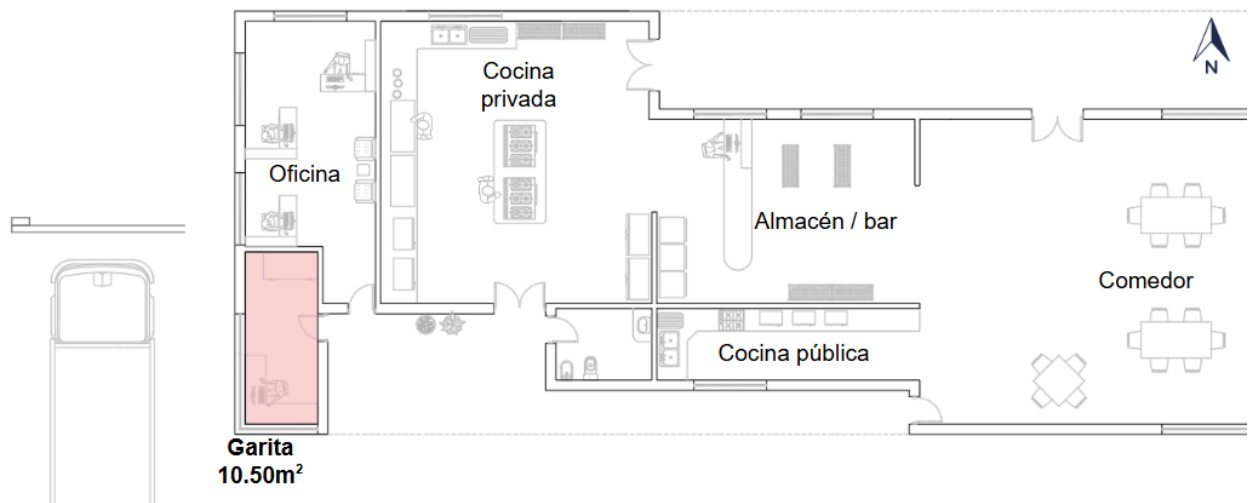


Figura 5.5.4. Garita de seguridad y control. Fuente: Elaboración propia.

La garita de control se resolvió integrada al conjunto principal y no como un elemento aislado ubicado en el centro del acceso, debido a que su función dentro del predio es únicamente la de control y registro de ingresos. Al tratarse de una playa de estacionamiento de acceso público, donde no se prevé el cobro de estadía ni operaciones administrativas complejas, no se consideró necesario implementar un esquema de cabina central con detención prolongada. Esta decisión evita incorporar elementos que obstaculicen visual o físicamente el ingreso principal, y su cercanía con la oficina administrativa favorece la comunicación operativa entre ambos sectores.

La propuesta plantea un sistema de control donde el transportista únicamente debe informar sus datos mediante un sistema electrónico con micrófono para registrar el ingreso y mantener un control de los vehículos que acceden al predio.

Oficina (Figura 5.5.5)

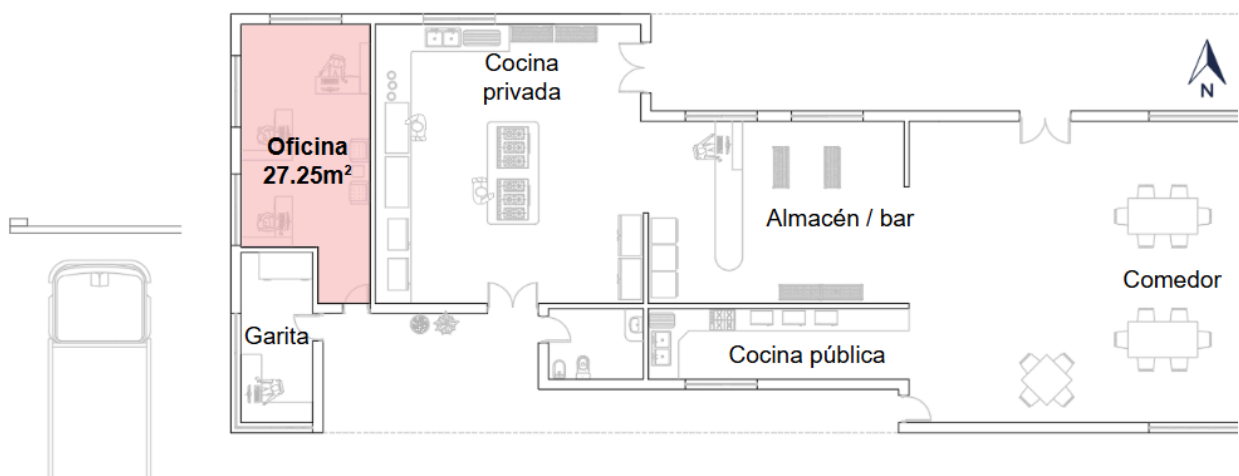


Figura 5.5.5 Oficina administrativa. Fuente: Elaboración propia.

La oficina constituye el principal espacio de gestión y administración del predio. Se ubica próxima al acceso para facilitar la atención y el control operativo sin interferir con las áreas de uso público.

La disposición del mobiliario y la amplitud del ambiente permiten desarrollar tareas administrativas y reuniones breves con personas que deseen realizar trámites administrativos, las cuales pueden acceder de manera directa apenas ingresan al estacionamiento de vehículos particulares, sin necesidad de atravesar cualquier otro sector del predio.

Baño privado (Figura 5.5.6)

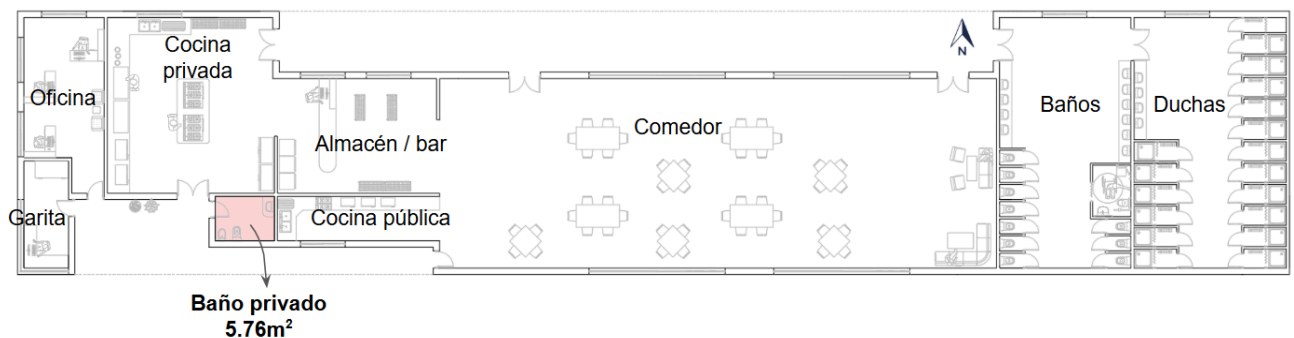


Figura 5.5.6 Oficina administrativa. Fuente: Elaboración propia.

El baño privado se incorpora dentro del sector interno del edificio asistiendo al personal que trabaja de manera permanente en el predio. Su ubicación próxima a la garita, oficina, y la cocina permite reducir recorridos innecesarios y facilitar el uso cotidiano durante la jornada laboral evitando que deban desplazarse hasta los sanitarios públicos. Desde el punto de vista organizativo, esta disposición también contribuye a ordenar las circulaciones internas del edificio, diferenciando naturalmente los espacios de uso público de aquellos vinculados al funcionamiento operativo y administrativo.

Cocina privada y almacén / bar (Figura 5.5.7)

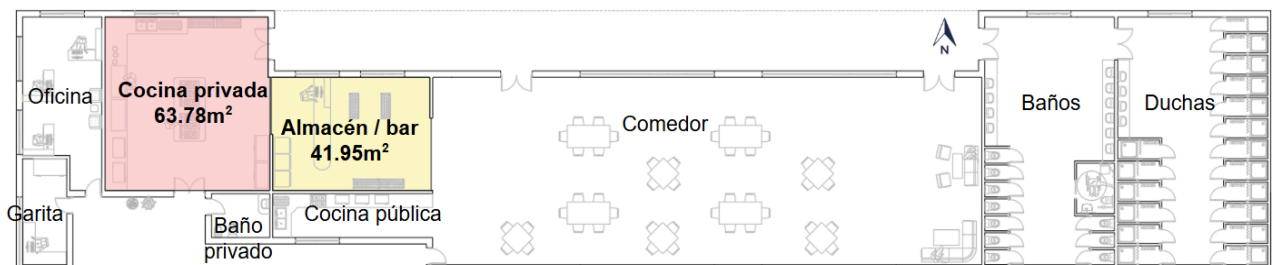


Figura 5.5.7 Cocina y almacén. Fuente: Elaboración propia.

La cocina privada constituye el área operativa destinada a la preparación básica de alimentos y al abastecimiento del almacén/bar. Su funcionamiento no está pensado como una cocina industrial o de restaurante, sino como un espacio de elaboración de comidas simples. La intención es ofrecer alternativas prácticas como sándwiches, comidas rápidas y productos

refrigerados evitando la complejidad operativa de un servicio gastronómico completo. Esto permite reducir requerimientos de personal, optimizar costos de funcionamiento y simplificar la logística diaria del edificio.

La cocina se ubica próxima al almacén/bar para favorecer un funcionamiento eficiente y recorridos cortos entre preparación en la cocina y el abastecimiento del mismo.

Además, se plantea un acceso hacia el sector de cocina desde la parte posterior del edificio, vinculado al área de estacionamiento y circulación interna de servicio. Esta decisión responde a criterios funcionales y operativos, permitiendo que el abastecimiento de la cocina y bar por parte de los proveedores se desarrollen sin interferir con las actividades principales de los camioneros. De este modo, el abastecimiento de mercadería, bebidas e insumos puede realizarse de manera más ordenada y discreta, evitando cruces con los espacios de permanencia de usuarios.

El almacén-bar se plantea como un espacio de abastecimiento rápido y autoservicio, pensado para que los usuarios puedan adquirir alimentos, bebidas y productos básicos durante su estadía en la playa.

Comedor (Figura 5.5.8)

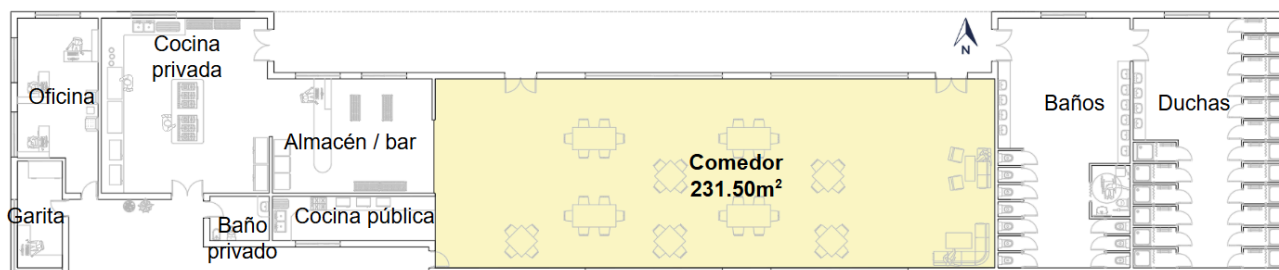


Figura 5.5.8. Comedor. Fuente: Elaboración propia.

El comedor se concibe como un espacio flexible de permanencia y encuentro, asociado a una modalidad completamente autoservicio. La propuesta elimina la necesidad de atención personalizada o circulación constante de personal gastronómico, permitiendo que cada usuario gestione de manera autónoma la compra, preparación o consumo de alimentos.

Esta decisión no solo simplifica el funcionamiento operativo del edificio, sino que también responde a las dinámicas reales de este tipo de programas, donde los horarios suelen ser variables.

Según la Resolución Provincial N° 319/2011, el comedor deberá disponer de mesas, sillas y/o bancos para al menos un 10% de la capacidad de la playa, obteniéndose un mínimo de 16 usuarios. Además, la Autoridad podrá solicitar un aumento en la capacidad en forma permanente o transitoria si resultase necesario y es por esto que se optó por considerar un porcentaje mayor.

Sector sanitario: Baños y duchas (Figura 5.5.9)

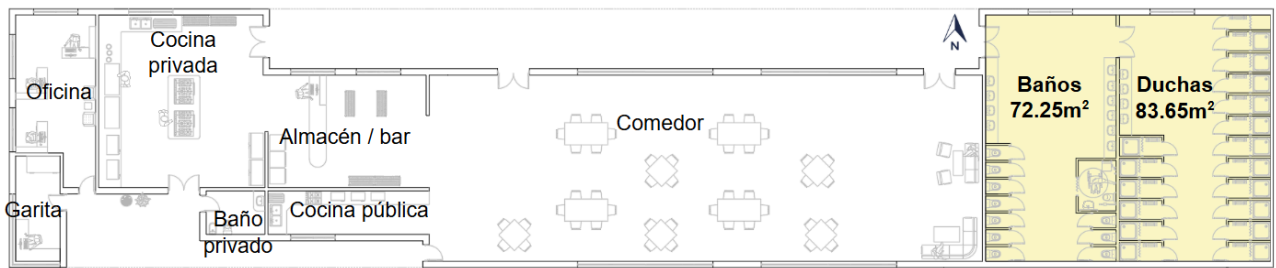


Figura 5.5.9. Sector sanitario. Fuente: Elaboración propia.

En función del tipo de actividad se consideró que el porcentaje de mujeres transportistas que podrían utilizar las instalaciones sería relativamente bajo y variable. Por este motivo, se optó por proyectar un sistema de sanitarios y duchas sin género.

Para asegurar privacidad y confort, cada unidad sanitaria se resuelve mediante cubículos completamente cerrados, permitiendo un uso totalmente individual e independiente. La misma lógica se adopta en las duchas, donde cada módulo incorpora un espacio de vestidor integrado al mismo. De esta manera, el usuario puede cambiarse y salir ya vestido, justificando de esta manera que el mismo pueda utilizarse sin distinción de género.

Asimismo, el diseño tuvo especialmente en cuenta los siguientes lineamientos establecidos por la normativa provincial (Resolución N° 319/2011) :

- Indica que, en caso de encontrarse el comedor y los baños dentro del mismo edificio, ambos sectores deben poseer accesos independientes y no tener comunicación interna directa, evitando cualquier posibilidad de contaminación cruzada. En respuesta a esto, el proyecto organiza el comedor y el núcleo sanitario como sectores claramente diferenciados, con ingresos independientes y circulaciones separadas, evitando conexiones directas entre ambos ambientes.
- Define la cantidad mínima cada 100 plazas de estacionamiento que debe disponer el servicio sanitario de cada uno de los artefactos, lineamientos que se tuvieron en cuenta para determinar la cantidad de los mismos.
- Indica que el Servicio Sanitario debe estar constituido por el servicio de baños y servicio de duchas conformando ambos una misma unidad funcional pero en áreas separadas comunicadas entre sí.

5.5.2. Sector de servicios al transporte

En la Figura 5.5.10 se presentan las medidas y la distribución seleccionada para el sector de servicios al transporte y a continuación de la misma los criterios considerados para su diseño.

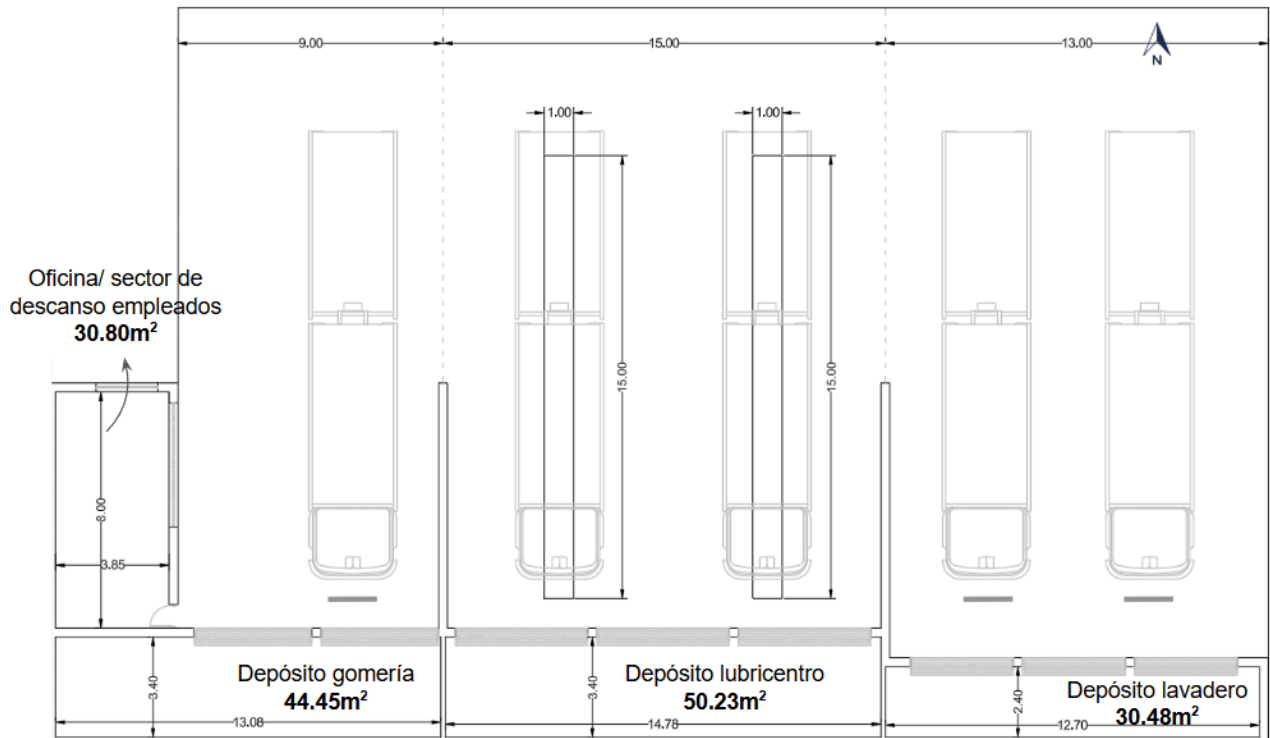


Figura 5.5.10. Edificio de servicios de mantenimiento al transporte. Fuente: Elaboración propia.

Para el dimensionamiento de la playa de camiones se adopta una tasa de rotación de 12 horas, lo que implica dos ciclos completos de ocupación por día. Este valor responde a las características operativas del transporte de cargas, donde los vehículos realizan paradas intermedias para descanso, espera operativa, abastecimiento o servicios complementarios, con permanencias que generalmente se sitúan entre 8 y 16 horas. En este contexto, la adopción de un valor intermedio de 12 horas permite representar de manera adecuada tanto estadías cortas asociadas a servicios (lavado, mantenimiento, alimentación) como permanencias más prolongadas vinculadas a tiempos de espera logística o cumplimiento de pausas reglamentarias de descanso.

La capacidad de la playa fue definida a partir de lineamientos proporcionados por la Municipalidad de Reconquista, como ya se ha mencionado anteriormente, que estableció una capacidad objetivo de 160 camiones en simultáneo. En función de ello, y considerando la rotación adoptada, se obtiene una demanda operativa de 320 camiones diarios.

Se adoptan porcentajes de uso aplicados sobre el total estimado de **320 vehículos diarios** que ingresan a la playa, con el objetivo de determinar la demanda de cada servicio. A partir de esta estimación, se dimensiona la superficie necesaria para el lavadero, el lubricentro y la gomería, en función de la cantidad de unidades que se prevé atender en cada uno.

- Lavadero → **10%** → 32 camiones por día
- Lubricentro → **8%** → 26 camiones por día
- Gomería → **5%** → 16 camiones por día

La operación de dichos servicios será de 16 horas, funcionando como 2 jornadas de 8 horas, es decir, de 6:00 a 14:00 y de 14:00 a 22:00. Por lo tanto, se calcula la cantidad de camiones que utilizarán el servicio por hora.

- Lavadero → **32 camiones**/16 horas: 2 camiones por hora
- Lubricentro → **26 camiones**/16 horas: 1.6 camiones por hora
- Gomería → **16 camiones**/16 horas: 1 camiones por hora

Además, se definen los tiempos promedio que demora un camión en realizar cada uno de los servicios en base a datos de lavaderos, lubricentros y gomerías existentes. Para el lavadero, se considera un lavado exterior básico con una duración de 1 hora. En cuanto al lubricentro se considera un servicio de 1.2 horas por vehículo, y para la gomería 0,75 horas en promedio. Por lo tanto se obtiene:

- Lavadero → 2 camiones por hora x 1 hora: **2 posiciones**
- Lubricentro → 1.6 camiones por hora x 1.2 horas: 1.9 (se adoptan **2 posiciones**)
- Gomería → 1 camión por hora x 0.75 horas: 0.75 (se adopta **1 posición**)

Finalmente, a partir del análisis de antecedentes y casos de referencia, se determinaron las dimensiones necesarias para los depósitos asociados a cada uno de los servicios complementarios. Del mismo modo, se definieron las distancias mínimas de maniobra y separación entre vehículos, así como los espacios laterales y perimetrales requeridos para garantizar una correcta operación y circulación por parte del personal.

Para el caso particular del lubricentro, se contempló además la incorporación de fosas de trabajo, dimensionadas según las necesidades operativas del servicio, considerando que las tareas de mantenimiento se realizan desde la parte inferior del vehículo. La disposición y dimensiones adoptadas para estos espacios permitieron establecer el área definitiva destinada a cada función.

El espacio donde se ubicarán los camiones se desarrolla en su totalidad bajo una grán cubierta metálica de mayor altura que el resto del edificio, quedando la realización de los servicios al aire libre, mientras que en continuación al edificio principal de menor altura se vinculan los tres depósitos y un espacio de administración y descanso para el personal.

5.5.3. Fachada principal (Figura 5.5.11)



Figura 5.5.11. Vista sur del edificio. Fuente: Elaboración propia.

La propuesta se basó en lograr expresar la playa de estacionamiento mediante una imagen horizontal, lineal y fácilmente reconocible desde la Ruta Provincial N°40. La composición del frente se organiza a partir de dos escalas claramente diferenciadas: por un lado, las grandes cubiertas de acceso destinadas a la circulación y mantenimiento vehicular y por otro, el volumen más bajo correspondiente al edificio de servicios.

Las cubiertas de mayor altura se proyectan como elementos dominantes del frente. Su dimensión responde principalmente a la necesidad de garantizar el gálibo requerido para la circulación segura de camiones y vehículos de gran porte. La diferencia de altura respecto del resto del edificio ayuda además a señalar claramente los puntos de acceso vehicular.

Por debajo de estas cubiertas y acompañando longitudinalmente el frente del predio, se desarrolla el edificio principal de servicios, resuelto con una menor altura y una escala vinculada al usuario peatonal.

La combinación entre grandes planos horizontales, cubiertas livianas de gran escala y un volumen bajo y continuo permite una fuerte presencia visual.

5.5.4. Espacios al aire libre

El proyecto incorpora una serie de espacios exteriores distribuidos a lo largo del predio. La propuesta parte de entender que los transportistas permanecen durante períodos prolongados dentro del predio y que, por lo tanto, resulta fundamental incorporar espacios capaces de mejorar la experiencia de permanencia más allá de las funciones operativas.

Bancos y áreas de descanso

A lo largo del predio se disponen bancos de descanso ubicados próximos a la playa de estacionamiento, permitiendo que los camioneros cuenten con lugares de descanso cercanos a sus vehículos sin necesidad de desplazarse grandes distancias. Los mismos se muestran en la Figura 5.5.12.



Figura 5.5.12. Bancos de descanso.

Expansión exterior del comedor y sector de parrillas (Figura 5.5.13)

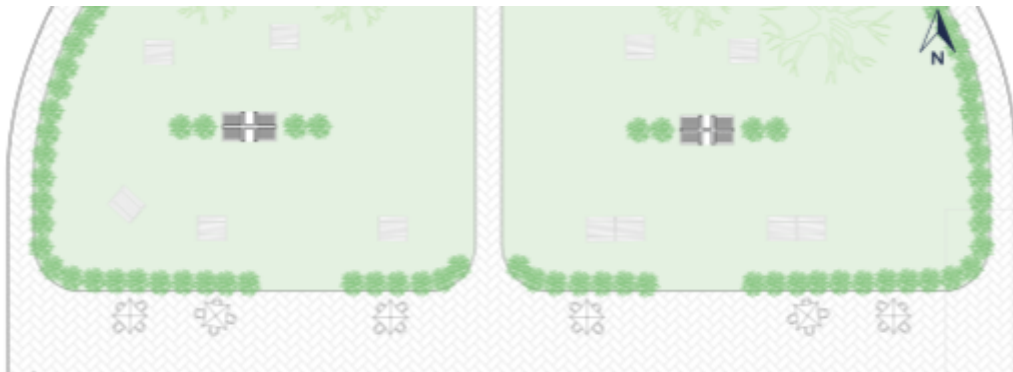


Figura 5.5.13. Mesas exteriores y sector de parrillas. Fuente: Elaboración propia.

Frente al comedor se proyectan mesas al aire libre vinculadas directamente con el funcionamiento del edificio, permitiendo que los usuarios puedan optar por comer o permanecer en un ámbito abierto y más relajado.

La orientación norte del frente del edificio favorece el aprovechamiento de iluminación natural y mejores condiciones de asoleamiento durante gran parte del día, mejorando la calidad de uso de estos espacios exteriores.

Complementariamente, se incorpora un sector parqueizado con mesas y parrillas, pensado como un espacio recreativo y social dentro del predio.

Reservorio como espacio integral al proyecto (Figura 5.5.14)



Figura 5.5.14. Reservorio de descarga. Fuente: Elaboración propia.

El reservorio hidráulico no se concibe únicamente como una infraestructura técnica, sino también como un elemento integrado al diseño general del predio. La propuesta busca otorgarle un carácter recreativo, entendiendo que su presencia puede aportar valor al conjunto. En lugar de tratarlo como un espacio aislado o residual, se buscó vincularlo funcional y visualmente con las áreas de descanso y recreación. De esta manera, el reservorio cumple una doble función: resolver las necesidades hidráulicas del proyecto y, al mismo tiempo, actuar como un espacio complementario de descanso y permanencia.

5.6. DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL

En este apartado se presenta el diseño estructural de la cubierta principal operativa, bajo la cual se ubican el lubricentro, el lavadero y la gomería. Se desarrolla el dimensionamiento de la estructura metálica y de las fundaciones correspondientes a las columnas que la soportan.

5.6.1. Normas utilizadas

- Reglamento CIRSOC 101 2005: "Reglamento argentino de cargas permanentes y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras"
- Reglamento CIRSOC 102 2005: "Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones"
- Reglamento CIRSOC 201 2005: "Reglamento argentino de estructuras de hormigón"
- Reglamento CIRSOC 301 2018: "Reglamento argentino de estructura de acero para edificios"
- Reglamento CIRSOC 303 2007: "Reglamento argentino de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío"

5.6.2. Estructura metálica: Modelo de cálculo y dimensionamiento de los componentes

Para el cálculo de la cubierta principal del edificio de servicios se desarrolló un modelo de la estructura resistente principal utilizando el programa de análisis estructural STAAD.Pro. En dicho modelo no se incluyeron los elementos correspondientes al sistema de cerramiento y revestimiento de la cubierta, tales como las correas, la chapa de cubierta, el cielorraso y las cenefas. No obstante, las cargas permanentes asociadas a estos elementos fueron consideradas y aplicadas al modelo estructural.

A continuación se describe el procedimiento adoptado para el cálculo de la estructura. En primer lugar, se desarrolló el modelo estructural y se asignaron secciones preliminares a los distintos elementos, obtenidas a partir de predimensionamientos basados principalmente en criterios de esbeltez máxima. Estas secciones se adoptaron únicamente como punto de partida para el proceso de dimensionamiento. Posteriormente, se realizaron las verificaciones estructurales correspondientes para cada elemento y, en función de los resultados obtenidos, se ajustaron las secciones inicialmente adoptadas hasta satisfacer los requisitos de resistencia y estabilidad.

5.6.2.1. Análisis de cargas

A. Cargas permanentes (D)

Las cargas permanentes consideradas en el modelo estructural corresponden al peso propio de la estructura resistente y a las cargas asociadas a los elementos de revestimiento de la cubierta, tales como las correas, la chapa de cubierta, el cielorraso y las cenefas.

Cabe aclarar que la nomenclatura utilizada para las vigas durante el cálculo difiere de la empleada en los planos. Esto se debe a que, para el dimensionamiento, las vigas se identificaron según las diferencias en las cargas actuantes, determinadas principalmente por sus respectivos

[Volver al índice](#)

GRUPO 05: FABRIZIO, NARDELLI, ROBERTTI, TOSTI

Figure 1 shows the plan view of the test structure, which is a rectangular grid with a total width of 42.00m and a total height of 26.00m. The grid is composed of 4 columns and 4 rows of square panels. Each panel is 6.75m wide and 6.50m high. The panels are labeled with their respective components: C1 (TC) at the corners, V1, V2, V3, V4, V5 along the edges, and P1 (2C) in the center. Diagonal lines are drawn in each panel, labeled T1 (BR).

A continuación se presenta en la tabla 5.6.1 las cargas permanentes calculadas.

Tipo de carga		Viga V1	Viga V2	Viga V3	Viga V4	Viga V5
(D)	Selfweight					
	Chapa + PP correas [kN/m]	0.51	1.01	1.07	1.13	
	Cenefa [kN/m]	0.08				0.08
	Cielorraso [kN/m]	0.68	1.35	1.43	1.50	
	TOTAL	1.26	2.36	2.50	2.63	0.08

96/154

B. Sobrecarga mínima de cubierta (Lr)

En el caso de las sobrecargas mínimas de cubierta (Lr), se determinaron las cargas correspondientes a las correas y a la chapa de cubierta, así como las cargas que actúan sobre las vigas reticuladas que conforman la estructura resistente principal. En las Tablas 5.6.2 y 5.6.3 se presentan los cálculos correspondientes, mientras que en la Tabla 5.6.4 se indican los valores de sobrecarga para las vigas V1, V2, V3 y V4 según los anchos de influencia.

Tabla 5.6.2.: Cálculo de sobrecarga para correas y chapa. Fuente: Elaboración propia

Correas de techo		
Ubicación	Centrales	Laterales
Separación correas [m]	1.625	1.625
Luz correa [m]	7.5	6.75
Área tributaria [m ²]	12.19	10.97
Factor de reducción R1	1	1
F	0.6	0.6
Factor de reducción R2	1	1
Sobrecarga Lr [kN/m²]	0.96	0.96

Tabla 5.6.3.: Cálculo de sobrecarga para estructura resistente. Fuente: Elaboración propia

Vigas reticuladas	
Ubicación	Centrales
Separación [m]	7.5
Luz viga [m]	26
Área tributaria [m ²]	195.00
Factor de reducción R1	0.6
F	0.6
Factor de reducción R2	1
Sobrecarga Lr [kN/m²]	0.58

Tabla 5.6.4.: Cálculo de sobrecarga para vigas transversales. Fuente: Elaboración propia

Tipo de carga		Viga V1	Viga V2	Viga V3	Viga V4	Viga V5
(Lr)	Sobrecarga Lr [kN/m]	1.96	3.92	4.14	4.35	

C. Carga de viento (W)

Para el cálculo de las cargas de viento se siguieron los lineamientos del CIRSOC 102 del año 2005 para cubiertas aisladas, abarcadas en el anexo I del mismo.

En primer lugar se calculó la presión dinámica qz:

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \text{ [N/m}^2\text{]}$$

donde,

K_z : coeficiente de exposición

K_{zt} : factor topográfico

K_d : factor de direccionalidad

V : velocidad básica del viento

I : factor de importancia

Para el coeficiente de exposición se consideró una categoría de exposición C, por encontrarse el edificio en un terreno abierto con obstrucciones dispersas, con alturas generalmente menores de 10 m.

A continuación se presenta en la tabla 5.6.5 el coeficiente de exposición para el cálculo de la presión dinámica.

Tabla 5.6.5.: Coeficiente de exposición para la presión dinámica. Fuente: tabla 5 CIRSOC 102 2005

Altura sobre el nivel del terreno, z (m)	Exposición (Nota 1)					
	A		B		C	D
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2	Casos 1 y 2
0 – 5	0,68	0,33	0,72	0,59	0,87	1,05
6	0,68	0,36	0,72	0,62	0,90	1,08
7,50	0,68	0,39	0,72	0,66	0,94	1,12
10	0,68	0,44	0,72	0,72	1,00	1,18
12,50	0,68	0,48	0,77	0,77	1,05	1,23
15	0,68	0,51	0,81	0,81	1,09	1,27
17,50	0,68	0,55	0,84	0,84	1,13	1,30
20	0,68	0,57	0,88	0,88	1,16	1,33
22,50	0,68	0,60	0,91	0,91	1,19	1,36
25	0,68	0,63	0,93	0,93	1,21	1,38
30	0,68	0,68	0,98	0,98	1,26	1,43
35	0,72	0,72	1,03	1,03	1,30	1,47
40	0,76	0,76	1,07	1,07	1,34	1,50
45	0,80	0,80	1,10	1,10	1,37	1,53
50	0,83	0,83	1,14	1,14	1,40	1,56
55	0,86	0,86	1,17	1,17	1,43	1,59
60	0,89	0,89	1,20	1,20	1,46	1,61
75	0,98	0,98	1,28	1,28	1,53	1,68
90	1,05	1,05	1,35	1,35	1,59	1,73
105	1,12	1,12	1,41	1,41	1,64	1,78
120	1,18	1,18	1,46	1,46	1,69	1,82
135	1,23	1,23	1,51	1,51	1,73	1,86
150	1,29	1,29	1,56	1,56	1,77	1,89

En la tabla 5.6.6 se presenta como fue obtenido el factor de direccionalidad para el cálculo de la presión dinámica.

Tabla 5.6.6.: Factor de direccionalidad para la presión dinámica. Fuente: tabla 6 CIRSOC 102 2005

Tipo de estructura	Factor de direccionalidad K_d^*
Edificios	
Sistema principal resistente a la fuerza de viento	0,85
Componentes y revestimientos	0,85
Cubiertas abovedadas	0,85
Chimeneas, tanques y estructuras similares	
Cuadradas	0,90
Hexagonales	0,95
Redondas	0,95
Carteles llenos	0,85
Carteles abiertos y estructura reticulada	0,85
Torres reticuladas	
Triangular, cuadrada, rectangular	0,85
Toda otra sección transversal	0,95

Para obtener la velocidad básica del viento se utilizaron las isotacas de Argentina que brinda el reglamento. Ver figura 5.6.2. Se obtuvo una velocidad de 47 m/s para la ciudad de Reconquista.

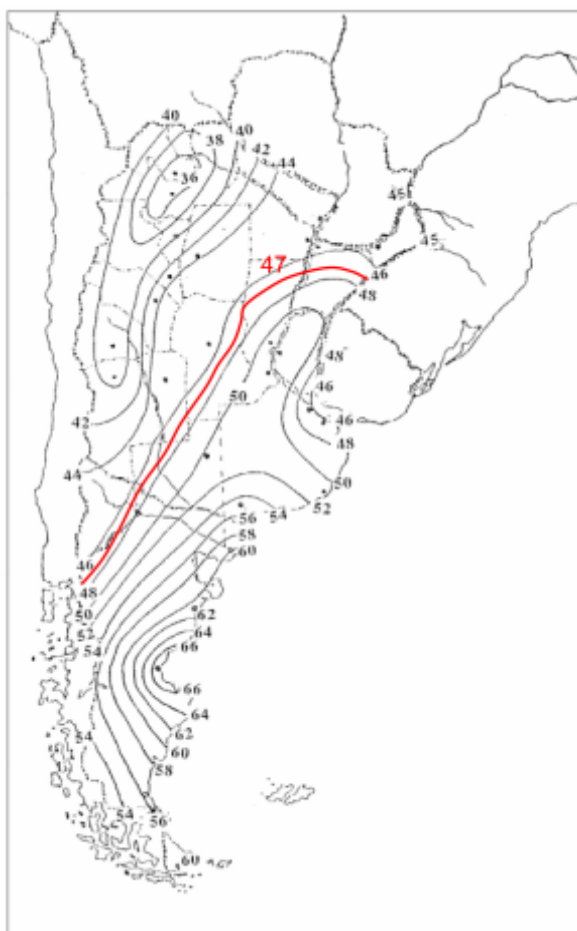


Figura 5.6.2. Velocidad básica del viento. Fuente: Figura 1A CIRSOC 102 2005.

Por último, el factor de importancia la depende de la categoría de clasificación del edificio. Ver la tabla 5.6.7 y tabla 5.6.8.

Tabla 5.6.7.: Clasificación de edificios y otras estructuras para cargas de viento. Fuente: Tabla A-1 CIRSOC 102 2005.

Naturaleza de la Ocupación	Categoría
Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: - Instalaciones Agrícolas. - Ciertas instalaciones temporarias. - Instalaciones menores para almacenamiento.	I
Todos los edificios y otras estructuras excepto aquellos listados en Categorías I, III y IV.	II
Edificios y otras estructuras que representan un peligro substancial para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a: - Edificios y otras estructuras donde se reúnen más de 300 personas en un área. - Edificios y otras estructuras para guarderías, escuelas primarias y secundarias con capacidad mayor que 150 personas. - Edificios y otras estructuras con instalaciones para el cuidado diurno con capacidad mayor que 150 personas. - Edificios y otras estructuras con una capacidad mayor que 500 personas para universidades o instalaciones para educación de adultos. - Instalaciones para el cuidado de la salud con una capacidad de 50 o más pacientes residentes pero sin instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. - Instalaciones para cárceles y detenciones. - Estaciones de generación de energía y otras instalaciones de utilidad pública no incluidas en la Categoría IV. Edificios y otras estructuras que contienen suficientes cantidades de sustancias tóxicas o explosivas como para ser peligrosas al público si se liberan, incluyendo, pero no limitado, a: - Instalaciones petroquímicas. - Instalaciones para almacenamiento de combustibles. - Plantas de fabricación o almacenamiento de productos químicos peligrosos. - Plantas de fabricación o almacenamiento de explosivos. Edificios y otras estructuras equipados con contención secundaria de sustancias tóxicas, explosivas u otras peligrosas (incluyendo, pero no limitado a, tanques de doble pared, receptáculos de tamaño suficiente para contener un derrame u otros medios de contención de derrames o explosiones dentro de los límites de la instalación y prevenir la liberación de cantidades de contaminantes nocivas para el aire, el suelo, el agua freática o superficial) deben clasificarse como estructuras de Categoría II.	III
Edificios y otras estructuras diseñadas como instalaciones esenciales, incluyendo, pero no limitados a: - Hospitales y otras instalaciones para el cuidado de la salud que tienen instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. - Cuarteles de bomberos, centros de rescate, estaciones de policía y garajes para vehículos de emergencia. - Refugios diseñados contra sismos, huracanes y otras emergencias. - Centros de comunicaciones y otras instalaciones necesarias para respuestas a emergencias. - Estaciones generadoras de energía y otras instalaciones de utilidad pública necesarias en una emergencia. - Estructuras auxiliares necesarias para la operación de aquellas de Categoría IV durante una emergencia (incluyendo pero no limitado a torres de comunicación, tanques de almacenamiento de combustible, torres de refrigeración, estructuras de sub-estaciones de electricidad, tanques de agua para incendio u otras estructuras de alojamiento o soporte de agua, otros materiales o equipamiento para combatir el fuego. - Torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo y hangares de emergencia. - Instalaciones de almacenamiento de agua y estructuras de bombeo requeridas para mantener la presión de agua para combatir incendios. - Edificios y otras estructuras con funciones críticas de defensa nacional.	IV

Tabla 5.6.8.: Factor de importancia para el cálculo de la presión dinámica. Fuente: Tabla 1 CIRSOC 102 2005.

Categoría	<i>I</i>
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

Teniendo definidos estos factores fue posible calcular la presión dinámica que es de utilidad para el cálculo de la carga de viento. En la Tabla 5.6.9. se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 5.6.9.: Cálculo de la presión dinámica. Fuente: Elaboración propia.

Presión dinámica			
Altura libre	z	6	m
Coefficiente de exposición	Kz	0.90	exposición C, caso 1 y 2
Factor topográfico	Kzt	1	
Factor de direccionalidad	Kd	0.85	
Factor de importancia	i	1	categoría II
Velocidad básica del viento:	V	47	m/s
qz = qh		1035.9	n/m2

Como se mencionó al inicio del apartado, se utilizan los lineamientos abarcados por el apéndice I del reglamento para el caso de cubiertas aisladas.

La presión de diseño sobre cubiertas aisladas se determina mediante la siguiente expresión:

$$p = q_z G C_{pn} [N/m^2]$$

donde,

C_{pn} : coeficiente de presión neta

G: factor de ráfaga

q_z : presión dinámica

El factor de ráfaga G tiene un valor de 0,85.

Luego, en el caso del coeficiente presión neta, este contempla el efecto combinado del viento tanto sobre la superficie superior como sobre la superficie interior de la cubierta para todas las direcciones de viento. A continuación se presenta en la Tabla 5.6.10. los coeficientes de presión neta brindados por el reglamento.

Tabla 5.6.10.: Coeficiente de presión neta para cubiertas aisladas a dos aguas. Fuente: Tabla I.2 CIRSOC 102 2005.

Tabla I.2 – Coeficientes de presión neta, C_{pn} para cubiertas aisladas a dos aguas						
Inclinación de la cubierta θ	Caso de carga	Coeficientes globales	Coeficientes locales			
			A	B	C	D
- 20°	Máximo, todo ζ	+ 0,7	+ 0,8	+ 1,6	+ 0,6	+ 1,7
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,7	- 0,9	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,5	- 1,5	- 2,4	- 2,4	- 1,2
- 15°	Máximo, todo ζ	+ 0,5	+ 0,6	+ 1,5	+ 0,7	+ 1,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,5	- 1,5	- 2,7	- 2,6	- 1,2
- 10°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,6	+ 1,4	+ 0,8	+ 1,1
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,5	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4	- 1,4	- 2,5	- 2,5	- 1,2
- 5°	Máximo, todo ζ	+ 0,3	+ 0,5	+ 1,5	+ 0,8	+ 0,8
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,5	- 0,5	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4	- 1,4	- 2,3	- 2,4	- 1,2
5°	Máximo, todo ζ	+ 0,3	+ 0,6	+ 1,8	+ 1,3	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,6	- 0,6	- 1,4	- 1,4	- 1,1
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 2,0	- 1,8	- 1,5
10°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,7	+ 1,8	+ 1,4	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,7	- 0,7	- 1,5	- 1,4	- 1,4
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,8	- 1,6	- 1,6
15°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,9	+ 1,4	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,8	- 0,9	- 1,7	- 1,4	- 1,8
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,6	- 1,3	- 1,7
20°	Máximo, todo ζ	+ 0,6	+ 1,1	+ 1,9	+ 1,5	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,9	- 1,2	- 1,8	- 1,4	- 2,0
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,5	- 1,2	- 1,7
25°	Máximo, todo ζ	+ 0,7	+ 1,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 0,5
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,0	- 1,4	- 1,9	- 1,4	- 2,0
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,4	- 1,1	- 1,6
30°	Máximo, todo ζ	+ 0,9	+ 1,3	+ 1,9	+ 1,6	+ 0,7
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,0	- 1,4	- 1,9	- 1,4	- 2,0
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,3	- 1,1	- 1,6
Notas						
1. Se puede interpolar para relaciones de bloqueo en el rango $0 < \zeta < 1$ y para inclinaciones intermedias de cubierta.						
2. La interpolación para inclinaciones de cubierta intermedias se debe realizar entre valores de igual signo.						
3. Los casos de carga cubren todas las direcciones posibles del viento.						

Los coeficientes de presión neta utilizados para el cálculo de las acciones del viento sobre cubiertas aisladas se presentan en las tablas del Anexo I del CIRSOC 102. Dichas tablas distinguen entre coeficientes globales, empleados para el diseño de la estructura principal resistente, y coeficientes locales, destinados al diseño de los elementos de revestimiento de la cubierta. Los valores dependen principalmente de la pendiente de la cubierta —5 % en el presente proyecto— y del grado de bloqueo ζ .

El grado de bloqueo representa el nivel de obstrucción existente debajo de la cubierta y se define como la relación entre la altura de las obstrucciones situadas bajo la cubierta y la altura libre entre el alero y dichas obstrucciones (ver figura 5.6.3), medida en cualquier sección transversal normal a la dirección del viento. Un valor $\zeta=0$ corresponde a una cubierta sin

obstrucciones debajo de ella, mientras que $\zeta=1$ representa una cubierta totalmente bloqueada. Para valores intermedios, el reglamento permite obtener los coeficientes de presión mediante interpolación lineal entre ambos casos extremos. Cabe destacar que esta interpolación solo es válida desde la posición de máximo bloqueo hacia barlovento; desde dicha posición hacia sotavento deben emplearse los coeficientes correspondientes a $\zeta=0$.

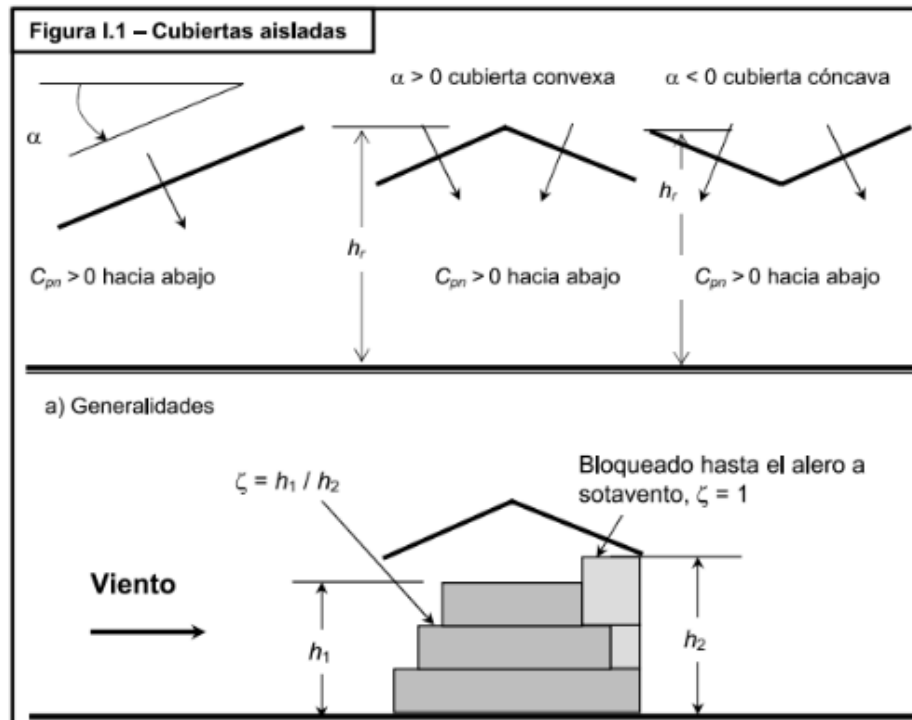


Figura 5.6.3. Grado de bloqueo para el cálculo del coeficiente de presión neta. Fuente: Figura I1 CIRSOC 102 2005.

A partir de ello se analizaron las cuatro direcciones posibles del viento: Norte–Sur, Sur–Norte, Este–Oeste y Oeste–Este, considerando para cada una los distintos grados de obstrucción existentes por debajo de la cubierta. Si bien la presión básica del viento resulta la misma en los cuatro casos, la aplicación del concepto de grado de bloqueo permite determinar las correspondientes fuerzas de succión sobre la cubierta.

Los coeficientes globales de presión neta se emplearon para el dimensionamiento de los distintos elementos que conforman el sistema resistente principal de la cubierta, mientras que los coeficientes locales se utilizaron para el cálculo de las correas y de la cubierta propiamente dicha.

En la Figura 5.6.4 se presenta el esquema en planta de la cubierta junto con sus correspondientes vistas. Para la acción del viento en dirección Norte–Sur, se observa que el obstáculo ubicado en la cara de sotavento presenta una altura de 3,50 m. En cambio, cuando el viento actúa desde el Sur hacia el Norte, incide directamente sobre la obstrucción, por lo que no se desarrolla el efecto Venturi; en consecuencia, corresponde adoptar un grado de bloqueo nulo.

En cuanto a la dirección Este–Oeste (y viceversa), el análisis resulta equivalente en ambos sentidos, dado que la condición más desfavorable es la misma. Esta se encuentra determinada por la altura del camión dispuesto transversalmente a dicha dirección en uno de los extremos.

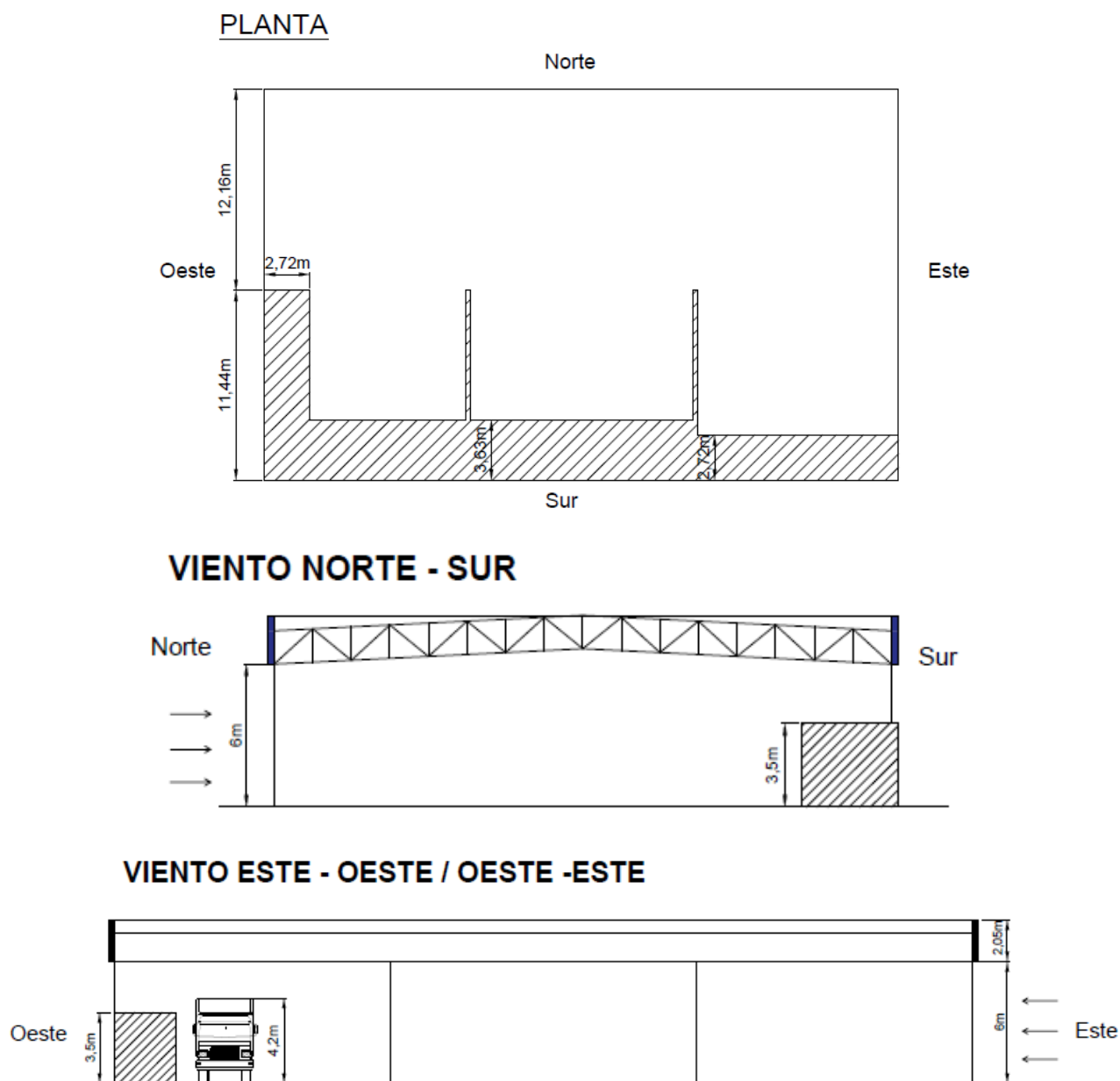


Figura 5.6.4. Obstáculos considerados en la dirección Norte-Sur y Este-Oeste o Oeste-Este.

Fuente: elaboración propia.

C.1. Cargas viento en el sistema principal resistente

En base a estas tres direcciones de estudio de los efectos del viento, se calculan las cargas de succión y presión del viento, con las cuales se van a dimensionar las vigas, columnas y elementos de arriostramiento de la estructura principal resistente.

En la Tabla 5.6.11 se presentan los coeficientes de presión neta y las cargas resultantes para cada dirección de análisis, considerando en cada caso el correspondiente grado de bloqueo. Asimismo, se ha tenido en cuenta que la cubierta presenta una inclinación de $2,86^\circ$.

Tabla 5.6.11. Cálculo de presión y succión para el sistema resistente. Fuente: Elaboración propia.

Datos	Norte - Sur	Sur - Norte	Este - Oeste
h1 [m]	3.50	-	4.20
h2 [m]	6.00	-	6.00
Relación de bloqueo (ζ)	0.583	0	0.70
Inclinación de la cubierta [°]	2.86	2.86	2.86
Cargas de succión			
Coeficientes	Norte - Sur	Sur - Norte	Este - Oeste
Cpn ($\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$)	-0.6	-0.6	-0.6
Cpn ($\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$)	-1.2	-1.2	-1.2
Cpn interpolado	-0.54	-0.34	-0.58
p [N/m²]	-478.87	-302.45	-514.16
Cargas de presión			
Cpn $\theta=5^\circ$	0.30		
Cpn $\theta=2,86^\circ$	0.17		
p [N/m²]	151.22		

En las Figuras 5.6.5 y 5.6.6 se presenta la distribución de las presiones y succiones del viento sobre la cubierta para cada una de las direcciones analizadas, respectivamente.

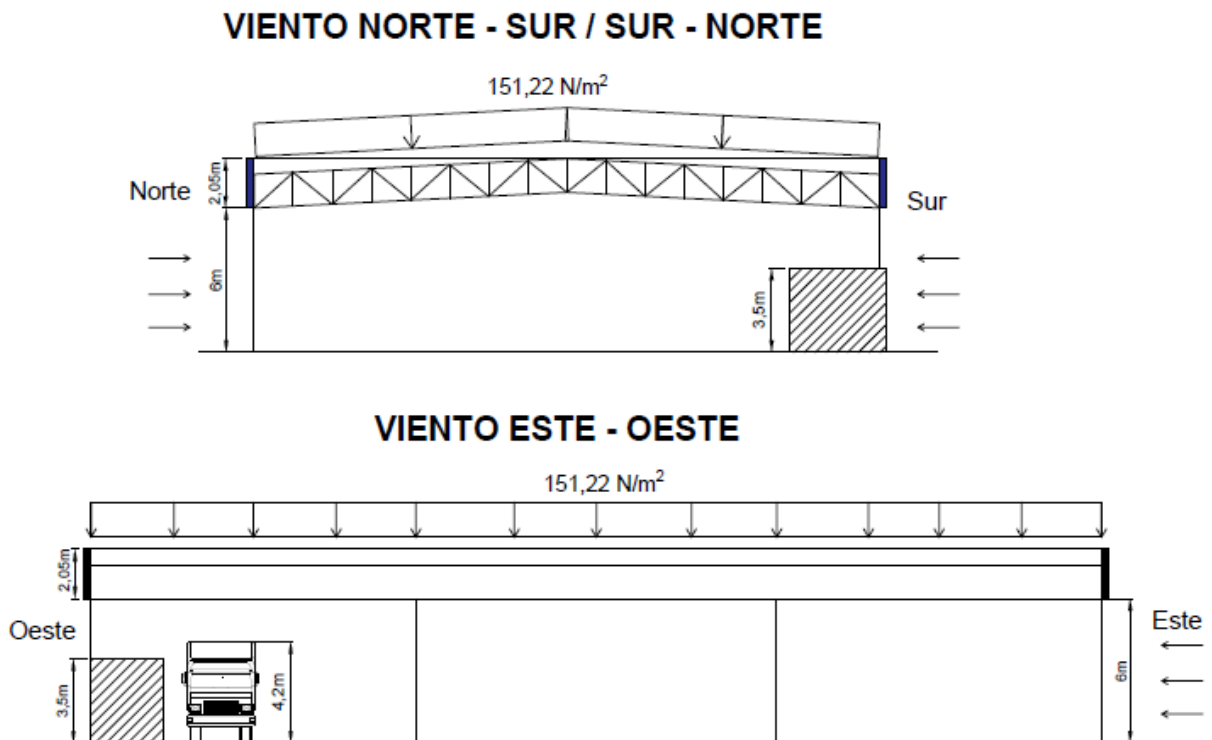
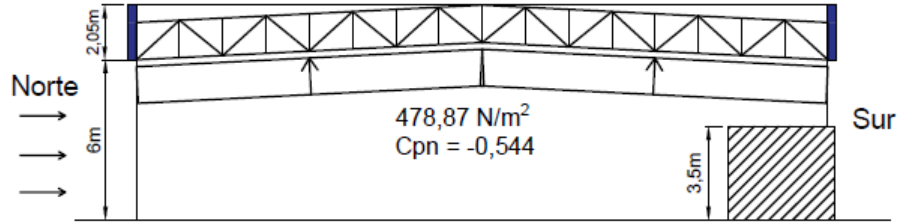
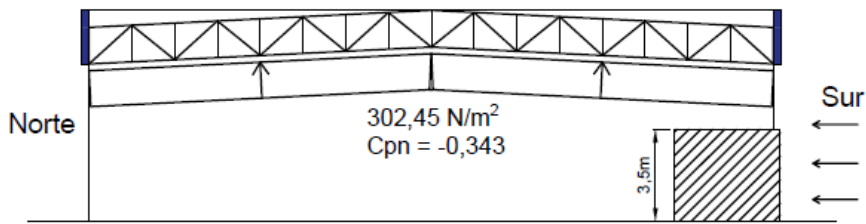


Figura 5.6.5. Cargas de presión para la cubierta en todas las direcciones. Fuente: elaboración propia.

VIENTO NORTE - SUR ($\zeta=0,583$)



VIENTO SUR - NORTE ($\zeta=0$)



VIENTO ESTE - OESTE ($\zeta=0,70$)

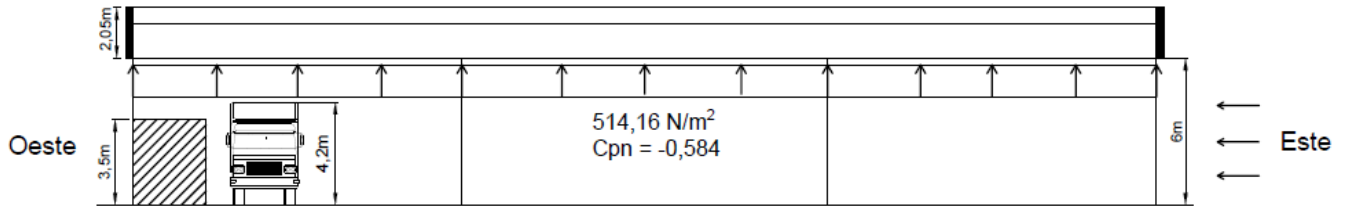


Figura 5.6.6. Cargas de succión para la cubierta en todas las direcciones. Fuente: elaboración propia.

En el apartado 1.4.1 del CIRSOC 102 se menciona lo siguiente: “La carga de viento que se debe utilizar en el diseño del sistema principal resistente a la fuerza del viento para un edificio u otra estructura cerrados o parcialmente cerrados, no debe ser menor que el valor $0,50 \text{ kN/m}^2$ ”.

En la Tabla 5.6.12 se muestran las solicitaciones de viento, teniendo en cuenta esta carga mínima de viento.

Tabla 5.6.12. Cargas de viento y presión definitivas en cada dirección. Fuente: Elaboración propia.

Carga viento para elementos resistentes		
Dirección viento	Presión [kN/m^2]	Succión [kN/m^2]
Norte - Sur	0.50	-0.50
Sur - Norte		-0.50
Este - Oeste		-0.51

C.2. Cargas viento para elementos de revestimiento

En la Figura 5.6.7 se presentan los límites de las zonas A, B, C y D definidos por el reglamento. Para cada una de estas zonas se determinaron las cargas de viento, tanto de succión como de presión, correspondientes a los elementos de revestimiento de la estructura, considerando los mismos criterios adoptados para el sistema resistente en cada dirección de viento.

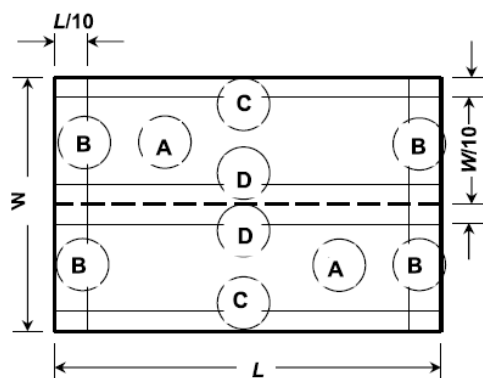


Figura 5.6.7. Límites de las zonas A, B, C y D. Fuente: CIRSOC 102 - 2005.

En el “[Anexo III - Diseño y cálculo estructural](#)” se adjuntan las tablas en las que se calcularon las cargas de viento para cada zona, en función de la dirección considerada y su correspondiente relación de bloqueo. Al igual que los elementos del sistema principal resistente, en el apartado 1.4.2 del CIRSOC 102 se menciona una carga mínima de viento de 0,50 kN/m².

En la Tabla 5.6.13, se muestra un resumen detallado de las cargas definitivas utilizadas para el dimensionamiento de las correas.

Tabla 5.6.13.: Cargas de viento y presión definitivas en cada zona. Fuente: Elaboración propia.

Carga de viento para correas y cubiertas					
Carga	Dirección viento	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D
Presión [N/m²]	Norte - Sur	500.00	907.34	655.30	500.00
	Sur - Norte				
	Este - Oeste				
Succión [N/m²]	Norte - Sur	-500.00	-882.14	-823.33	-672.10
	Sur - Norte	-500.00	-705.71	-705.71	-554.49
	Este - Oeste	-514.16	-917.42	-846.85	-695.63

C.3. Cargas viento para cenefas

Además de las presiones normales a la cubierta, habrá cargas horizontales sobre la misma debidas a las presiones de viento actuando sobre la cenefa perimetral. Las cargas sobre estos elementos de fachada se deben calcular en base al área de la superficie que enfrenta al viento, usando un coeficiente de presión neta de $C_{pn} = 1,3$ sobre las cenefas y/o tímpanos a barlovento y $C_{pn} = 0,6$ sobre las cenefas y/o tímpanos a sotavento, actuando en la dirección del viento.

La cenefa fue adoptada con una altura tal que alcanza el punto más elevado de la cubierta, resultando una altura total de 2,05 m. Dado que las vigas que sirven de sustento a las cargas horizontales de viento transmitidas por la cenefa presentan, en ciertos sectores, una altura de 1,40 m, se genera un tramo no arriostrado. En consecuencia, dicha porción de la cenefa se dimensionó como cartel lleno, siguiendo los lineamientos establecidos por el reglamento CIRSOC 102 en el apartado 5.13.

$$p = q_z G C_f, [N/m^2] \quad (\text{Apartado 5.13 CIRSOC 102})$$

En la Tabla 5.6.14, se presentan los coeficientes C_f que permiten determinar la carga de viento en la parte de la cenefa que se comporta como cartel lleno.

Tabla 5.6.14.: Coeficientes de fuerza C_f . Fuente: CIRSOC 102.

A nivel del terreno		Sobre el nivel del terreno	
v	C_f	M/N	C_f
≤ 3	1,2	≤ 6	1,2
5	1,3	10	1,3
8	1,4	16	1,4
10	1,5	20	1,5
20	1,75	40	1,75
30	1,85	60	1,85
≥ 40	2,0	≥ 80	2,0

M : mayor dimensión del cartel, en m; N : menor dimensión del cartel, en m.

En la Figura 5.6.8 se muestran estos sectores donde la cenefa se encuentra expuesta al viento en ambas caras. Como puede observarse, las vigas V1, dispuestas en las caras con dirección este-oeste, presentan una altura variable. En consecuencia, en el extremo donde apoyan sobre la columna, el esquema de cálculo de las cargas sobre los cordones se asimila al de una viga simplemente apoyada con un tramo en voladizo. En cambio, en la zona central, el comportamiento se corresponde directamente con el de una viga simplemente apoyada.

Por su parte, las vigas V5 poseen una altura constante a lo largo de toda su longitud, por lo que su esquema resistente puede modelarse como una viga simplemente apoyada con un tramo en voladizo.

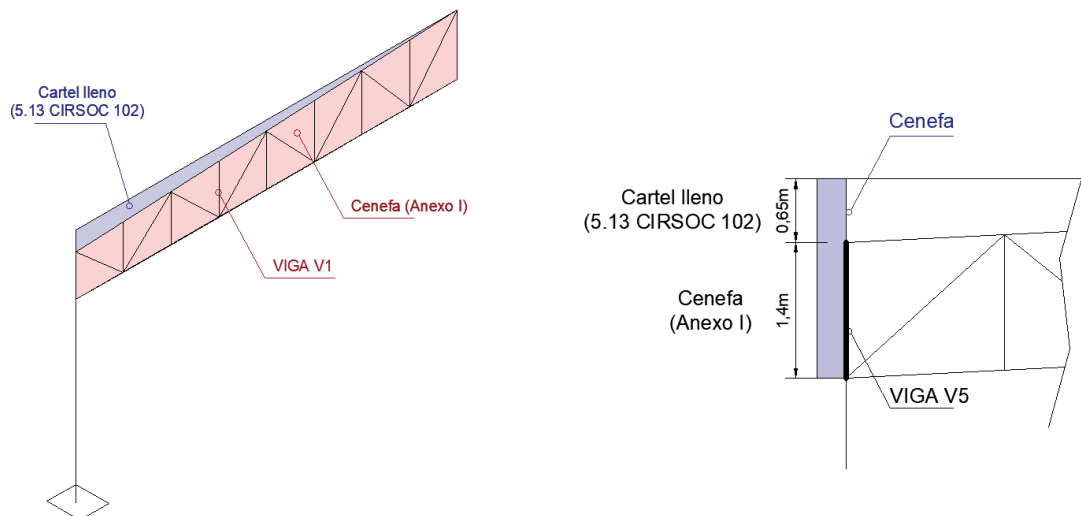


Figura 5.6.8 : Discretización de Cenefa (Anexo I CIRSOC) y Cartel Lleno (5.13 CIRSOC).

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.6.9 se muestran los esquemas de carga para cada una de las vigas perimetrales.

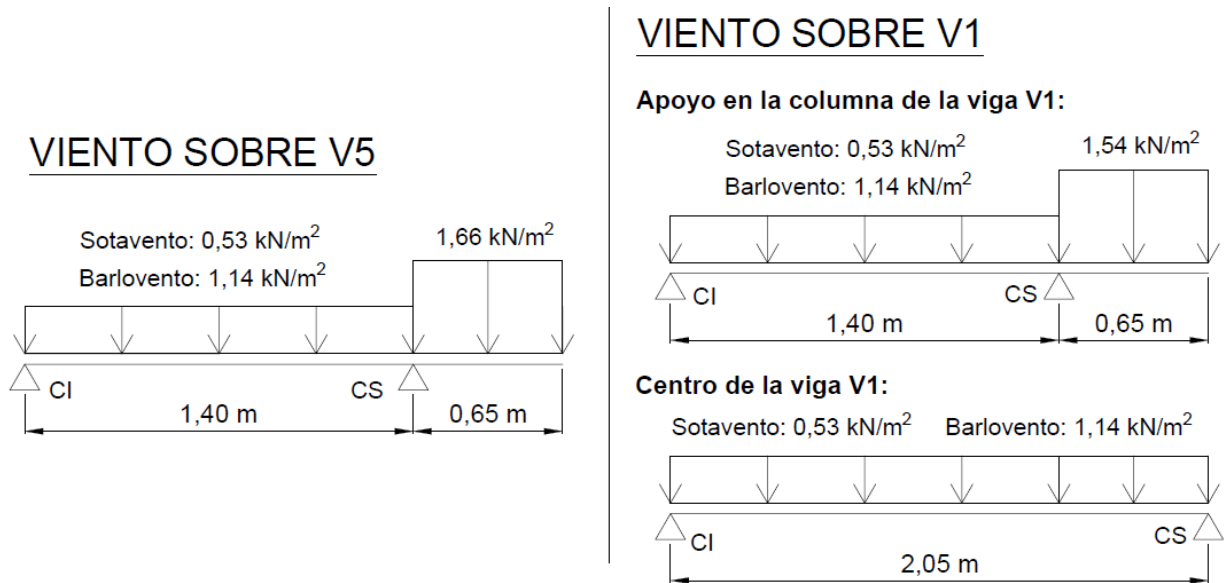


Figura 5.6.9 : Esquemas de cargas para las vigas perimetrales. Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos diagramas se calculan las solicitaciones en el cordón superior e inferior, cuyos valores se presentan en la Figura 5.6.10.

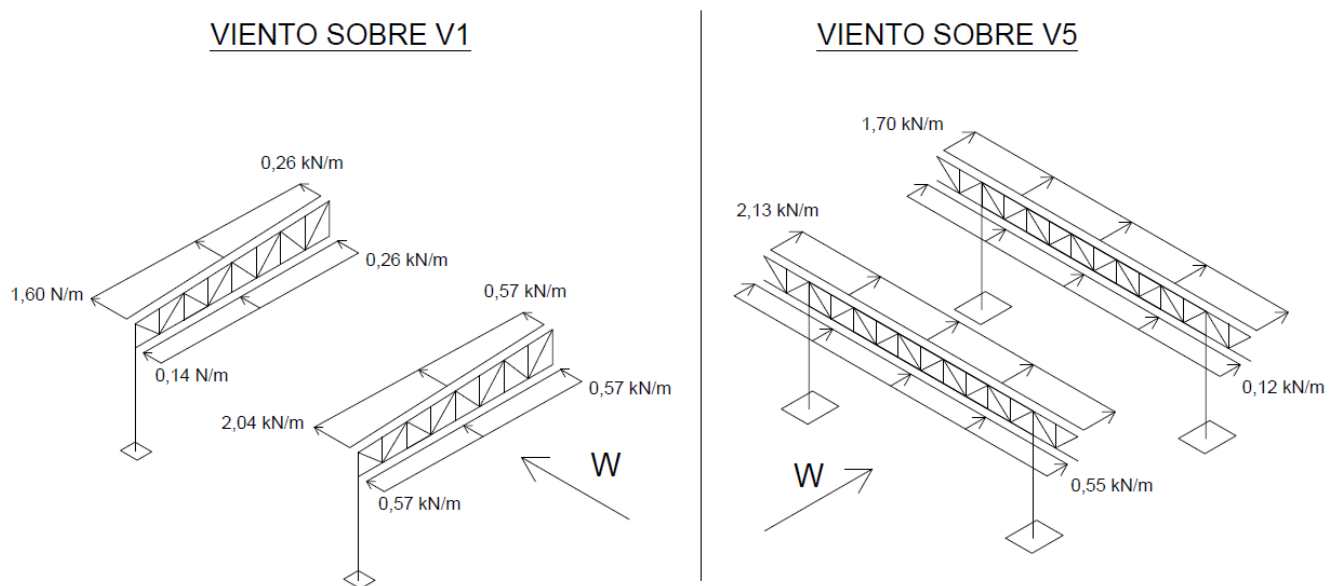


Figura 5.6.10 : Cargas sobre los cordones de las vigas perimetrales. Fuente: Elaboración propia.

En el “[Anexo III - Diseño y cálculo estructural](#)” se adjuntan las tablas que muestran más en detalle los parámetros adoptados para llegar a las cargas definidas anteriormente para los cordones.

C.4. Estados de carga para la estructura principal

Una vez definidas las distintas cargas que actúan sobre la estructura, se establecen los estados de carga que deben considerarse debido a la acción del viento.

Como se mencionó anteriormente, se analizaron tres direcciones de incidencia del viento: Norte–Sur, Sur–Norte y Este–Oeste (o Oeste–Este). Para cada una de ellas se definió un estado de carga correspondiente a la presión y otro a la succión.

Además, de acuerdo con lo establecido en el Anexo I del reglamento, las cubiertas a dos aguas deben verificarse considerando un faldón sometido a las presiones máximas o mínimas, mientras que el faldón opuesto permanece descargado. Esta condición reglamentaria se aplicó únicamente para las direcciones Norte–Sur y Sur–Norte. En consecuencia, para cada una de estas direcciones se analizaron tres situaciones de carga: un único faldón cargado, el faldón opuesto cargado y ambos faldones cargados simultáneamente.

Asimismo, para todas las direcciones analizadas se consideraron las cargas que la cenefa perimetral transmite a los cordones de las vigas que la sustentan.

D. Combinaciones de cargas

Se utilizaron las combinaciones de carga establecidas por el Reglamento CIRSOC 301:2018. En la Tabla 5.6.15 se presentan las combinaciones correspondientes al Estado Límite Último (ELU) y al Estado Límite de Servicio (ELS). Dado que se consideraron múltiples estados de carga de viento, el número de combinaciones resultantes es elevado.

Tabla 5.6.15.: Combinaciones de carga en ELU. Fuente: Elaboración propia.

Combinaciones en ELU	
CU1)	1,4 (D)
CU2)	1,2 (D) + f1 (Lr)
CU3)	1,2 (D) + 1,6 (Lr) + 0,8 (W)
CU4)	1,2 (D) + 1,5 (W) + f1 (Lr)
CU5)	0,9 (D) + 1,5 (W)
f1=0,5	
Combinaciones en ELS	
CS1)	(D) + (Lr)
CS2)	(D) + (W)
CS3)	(D) + 0,7 (Lr + W)
CS4)	(D) + 0,6 (Lr + W)

En el “[Anexo III - Diseño y cálculo estructural](#)” se adjunta las tablas completas de las combinaciones de cargas que fueron ingresadas al modelo de la estructura en STAAD.

5.6.2.2. Modelado de la Estructura - Análisis Estructural

Como se mencionó anteriormente, la estructura fue modelada en el programa STAAD.Pro V8i. Se desarrolló un modelo tridimensional de la cubierta, incorporando las ocho columnas que trabajan como ménsulas, siete vigas reticuladas transversales y dos vigas reticuladas longitudinales ubicadas en los laterales de la estructura. Asimismo, se modelaron tres correas

reforzadas que actúan como puntales longitudinales, los sistemas de tensores dispuestos en los extremos de la cubierta y los tornapuntas destinados al arriostramiento de los cordones inferiores de las vigas reticuladas. En la figura 5.6.11 se muestra el modelo de barras del conjunto estructural y en la figura 5.6.12 el render del modelo antes mencionado.

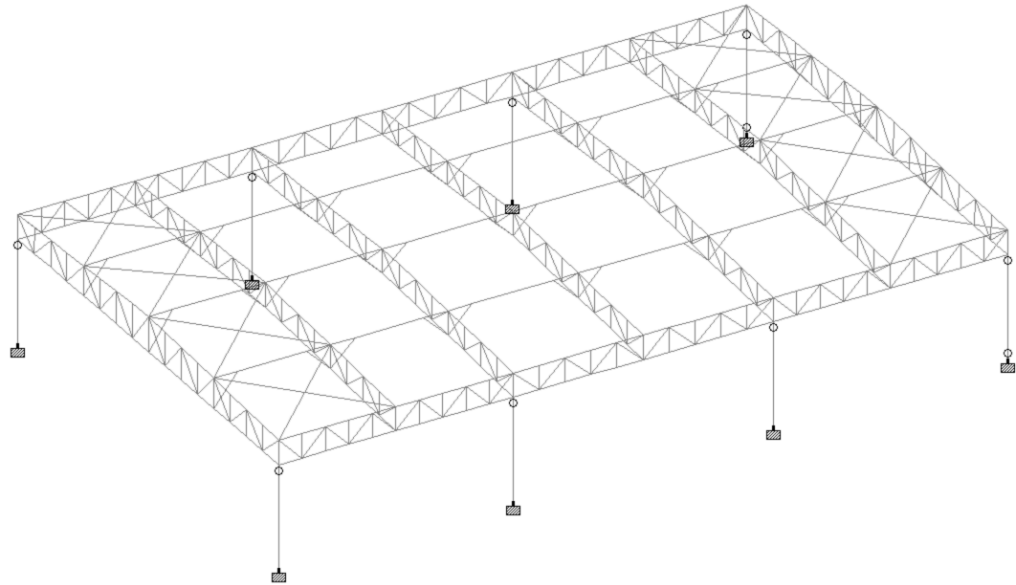


Figura 5.6.11. Modelo de barras de la estructura. Fuente: Elaboración propia en STAAD PRO V8i.

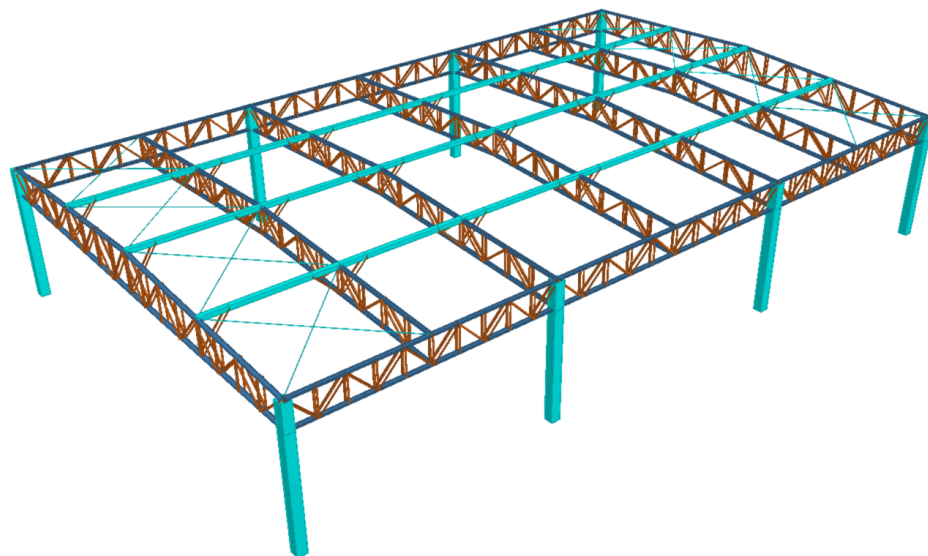


Figura 5.6.12. Render de la estructura. Fuente: Elaboración propia en STAAD PRO V8i.

Inicialmente, se ingresaron al programa las secciones obtenidas del predimensionamiento de los elementos estructurales, junto con las cargas, las vinculaciones entre barras y las condiciones de apoyo de las columnas. A partir de los resultados obtenidos del análisis estructural, se verificó el comportamiento de la estructura y se ajustaron las secciones de los distintos elementos. Posteriormente, el modelo fue analizado nuevamente con las secciones adoptadas, realizándose un último ajuste de las solicitaciones empleadas en las verificaciones y la definición final de las secciones estructurales.

En cuanto a las cargas, fueron ingresadas las cargas tratadas en el inicio del apartado con las consideraciones mencionadas. Las combinaciones de cargas que fueron ingresadas al programa pueden verse en el ["Anexo III - Diseño y cálculo estructural"](#), estas fueron consideradas del tipo "Repeat Load" debido a que a los tensores se les asignó la propiedad "Member Tension", la cual restringe su comportamiento para que trabajen únicamente a tracción. Para que esta condición sea considerada correctamente, es necesario que el programa realice un nuevo análisis estructural para cada combinación de cargas, evaluando el estado tensional de los elementos bajo la acción simultánea de todas las cargas. Si se utilizaran combinaciones del tipo "Load Combination", STAAD Pro únicamente combinaría los resultados obtenidos para cada caso de carga individual, sin volver a analizar la estructura, por lo que la condición de elemento solo traccionado no se aplicaría correctamente.

5.6.2.3. Dimensionamiento de los componentes en ELU

A. Cordones de vigas transversales

En la Figura 5.6.13 se muestran los cordones de las vigas transversales V2, V3 y V4. Los mismos se dimensionan como elementos sometidos únicamente a esfuerzos axiales, donde se seleccionan los máximos esfuerzos a tracción y compresión para seleccionar el perfil W a adoptar para el cordón superior e inferior. Cabe resaltar que se adoptó el mismo perfil para ambos cordones.

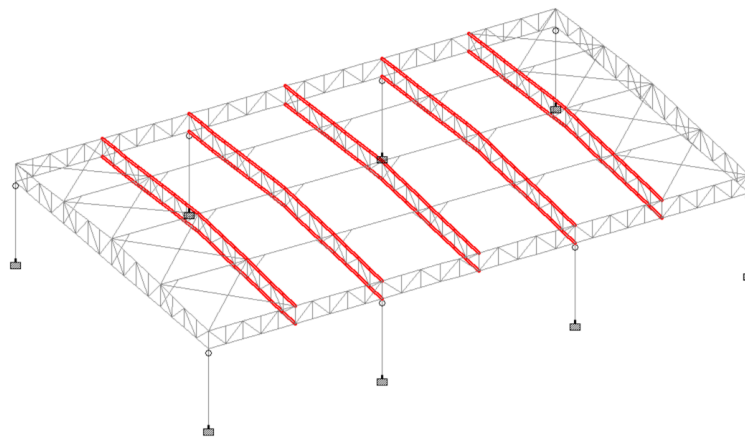


Figura 5.6.13. Cordones de vigas transversales de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

En el análisis para la determinación de la resistencia de diseño frente a cargas de compresión, se consideraron las dos posibles longitudes de pandeo. Como se observa en la Figura 5.6.14, para el cordón superior los puntos de arriostamiento en ambos planos están definidos por la separación entre las correas.

En cambio, en el cordón inferior, la longitud de pandeo en el plano zx (indicado en la figura 5.7.14) se encuentra determinada por la distancia entre los puntales, mientras que en el plano perpendicular se mantiene la condición de arriostamiento dada por las correas.

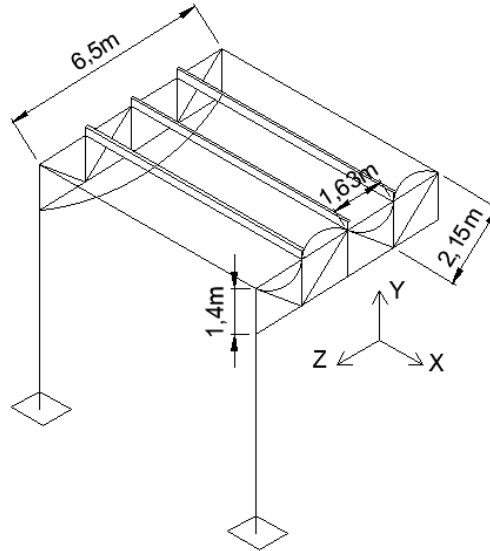


Figura 5.6.14. Análisis de longitud de pandeo en cordones de V2, V2 y V3. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.6.16 se presentan las cargas consideradas, el perfil adoptado y las distintas verificaciones correspondientes al dimensionamiento de perfiles sometidos a esfuerzos axiales. En el “[Anexo III - Diseño y cálculo estructural](#)” se muestran con más detalle los valores de cada parámetro que interviene en la verificación.

Tabla 5.6.16.: Verificaciones de los cordones. Fuente: Elaboración propia.

Cordones de vigas V2, V3 y V4			
Datos		Pandeo local	
Perfil	W 200 x 35,9 (H)	Qa	1
Máx compresión [kN]	-875.347	Qs	1
Máx tracción [kN]	829.398	Q	1
Verificación pandeo global		Verificación tracción	
$\lambda = \max (\lambda_y , \lambda_x)$	74.97	Pd [kN]	1418.985
Fcr [kN/cm ²]	22.86907099		
Pd [kN]	888.3490628	Pu/Pd	0.58
Pu/Pd	0.99		

B. Diagonales y montantes de vigas transversales

En la Figura 5.6.15 se muestran las diagonales y montantes de las vigas transversales V2, V3 y V4. Dichos elementos se dimensionan como barras de reticulado, considerando los valores máximos de esfuerzos de tracción y compresión obtenidos a partir del modelo estructural desarrollado en STAAD.

Dado que la sección está conformada por dos perfiles LPN vinculados mediante presillas dispuestas cada tercio de la longitud, se adoptaron los lineamientos de verificación correspondientes a barras armadas pertenecientes al Grupo II. A tal efecto, se consideraron las longitudes de pandeo apropiadas para las diagonales y montantes.

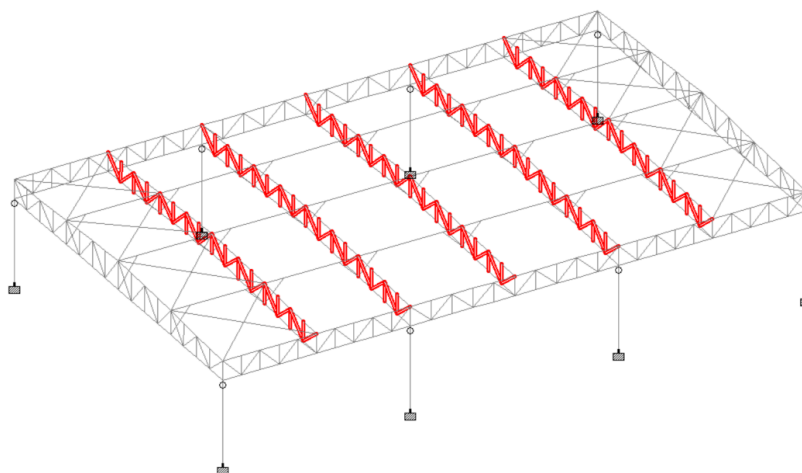


Figura 5.6.15. Diagonales y montantes de vigas transversales de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.6.17 se presenta un resumen de las verificaciones realizadas para la diagonal y el montante más exigidos, tanto a tracción como a compresión. En el “[Anexo III - Diseño y cálculo estructural](#)” se adjuntan todas las tablas con los distintos parámetros calculados para cada verificación.

Tabla 5.6.17.: Verificaciones de diagonales y montantes. Fuente: Elaboración propia.

Diagonal		Montante	
Perfil	L 89 x 89 x 6,4 *	Perfil	L 32 x 32 x 4,8 *
Longitud diagonal [cm]	215	Longitud montante [cm]	140
Distancia entre presillas [cm]	71.67	Distancia entre presillas [cm]	46.67
Pu max (-) [kN]	-249.489	Pu max (-) [kN]	-35.79
Pu max (+) [kN]	263.221	Pu max (+) [kN]	90.877
Pandeo local del ala		Pandeo local del ala	
Qs	0.98	Qs	1
Verificación pandeo global		Verificación pandeo global	
$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	79.04	$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	147.37
Fcr [kN/cm ²]	16.95	Fcr [kN/cm ²]	7.97
Pd [kN]	320.17	Pd [kN]	38.89
Pu/Pd	0.78	Pu/Pd	0.92
Verificación tracción		Verificación tracción	
Pd [kN]	469.95	Pd [kN]	121.40
Pu/Pd	0.56	Pu/Pd	0.75
Verificación esbeltez local		Verificación esbeltez local	
a/ri local	42.41	a/ri local	76.50
0,75 . λ_{global}	59.28	0,75 . λ_{global}	110.53
Verifica		Verifica	

C. Cordones de vigas perimetrales

En la Figura 5.6.16 se detallan los cordones de las vigas perimetrales V1 y V5. Estos presentan la particularidad de estar sometidos a esfuerzos de flexión además de esfuerzos axiales. Por este motivo, su dimensionamiento se realiza considerando estados de flexo-compresión o flexo-tracción, teniendo en cuenta la interacción entre ambas sollicitaciones.

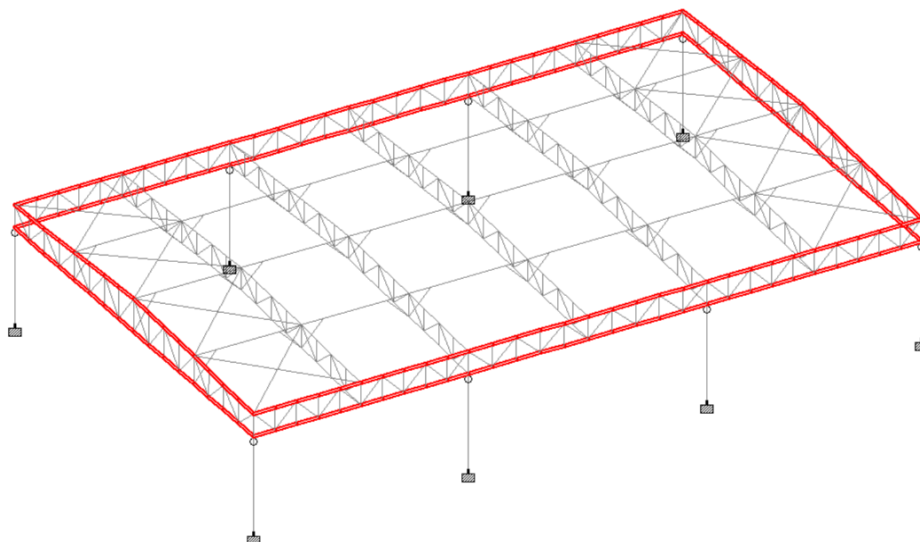


Figura 5.6.16. Cordones de vigas perimetrales de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Las sollicitaciones obtenidas del modelo estructural en STAAD corresponden a la acción simultánea de esfuerzos normales y momentos flectores, con valores significativos, resultando esta la condición más crítica para el dimensionamiento de los cordones.

En la Tabla 5.6.18, se muestran los perfiles adoptados y las correspondientes verificaciones para los cordones de las vigas V1 y V5.

Tabla 5.6.18: Verificaciones de cordones de vigas perimetrales. Fuente: Elaboración propia.

Cordones de V5		Cordones de V1	
Perfil	W 200 x 19,3	Perfil	W 200 x 19,3
Cargas cordón superior		Cargas cordón superior	
Pu [kN]	13.698	Pu [kN]	-328.534
Mu [kNm]	-215.687	Mu [kNm]	4.589
Cargas cordón inferior		Cargas cordón inferior	
Mu [kNm]	20.256	Mu [kNm]	4.314
Pu [kN]	-235.367	Pu [kN]	339.721
Corte máximo		Corte máximo	
Vu [kN]	18.062	Vu [kN]	9.873
Resistencia compresión		Resistencia compresión	
$\lambda = \max (\lambda_y , \lambda_x)$	91.58	$\lambda = \max (\lambda_y , \lambda_x)$	91.58
Pd [kN]	398.55	Pd [kN]	398.55

Resistencia tracción		Resistencia tracción	
Pd [kN]	779.355	Pd [kN]	779.355
Resistencia flexión		Resistencia flexión	
Md [kNm]	44.61	Md [kNm]	49.57
Verificación efectos combinados		Verificación efectos combinados	
Cordón superior	0.81	Cordón superior	0.91
Cordón inferior	0.99	Cordón inferior	0.51
Verificación corte		Verificación corte	
Vd [kN]	219.35	Vd [kN]	219.35
Vu/Vd	0.08	Vu/Vd	0.05

D. Diagonales y montantes de vigas perimetrales

En la Figura 5.6.17 se muestran las diagonales y montantes de las vigas perimetrales. Para su dimensionamiento se adoptaron los mismos criterios y consideraciones que los utilizados para las diagonales y montantes de las vigas transversales V2, V3 y V4.

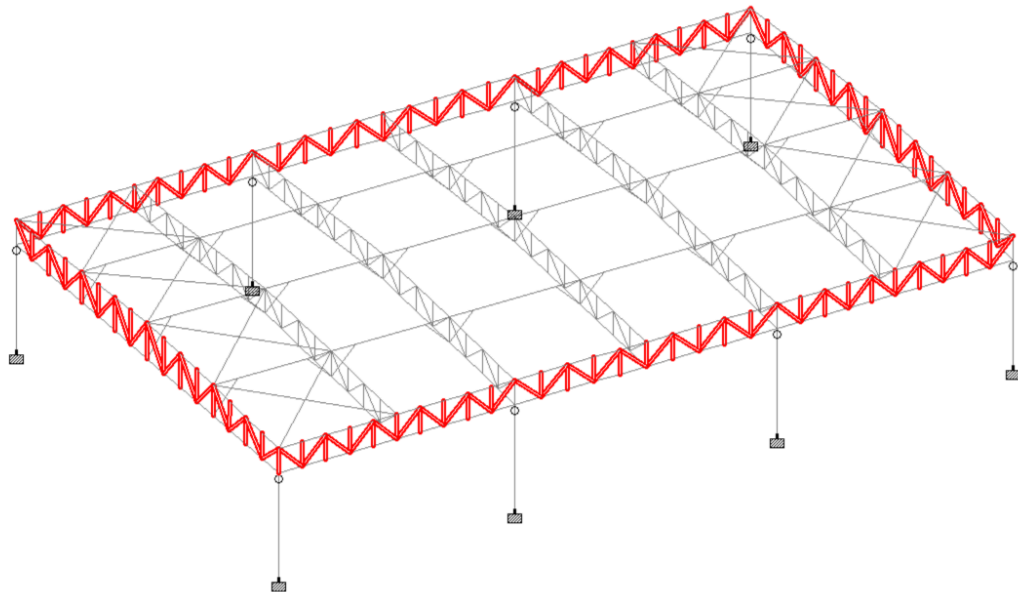


Figura 5.6.17. Diagonales y montantes de vigas perimetrales de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

En la Tablas 5.6.19 y 5.6.20, se muestran los perfiles adoptados para las diagonales y montantes de las vigas V5 y V1 respectivamente.

Tabla 5.6.19: Verificación de diagonales y montantes de las vigas V5 . Fuente: Elaboración propia.

Diagonal		Montante	
Perfil	L 64 x 64 x 6,4*	Perfil	L 64 x 64 x 4,8*
Longitud diagonal [cm]	215	Longitud montante [cm]	140
Distancia entre presillas [cm]	71.67	Distancia entre presillas [cm]	46.67
Pu max (-) [kN]	-153.852	Pu max (-) [kN]	-177.082
Pu max (+) [kN]	153.982	Pu max (+) [kN]	32.273

Diagonal		Montante	
Pandeo local del ala		Pandeo local del ala	
Qs	1.00	Qs	0.995
Verificación pandeo global		Verificación pandeo global	
$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	111.40	$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	71.79
Fcr [kN/cm ²]	12.66	Fcr [kN/cm ²]	18.11
Pd [kN]	169.41	Pd [kN]	184.76
Pu/Pd	0.91	Pu/Pd	0.96
Verificación tracción		Verificación tracción	
Pd [kN]	332.90	Pd [kN]	253.80
Pu/Pd	0.46	Pu/Pd	0.13
Verificación esbeltez local		Verificación esbeltez local	
a/ri local	59.23	a/ri local	38.89
0,75 . λ_{global}	83.55	0,75 . λ_{global}	53.85
Verifica		Verifica	

Tabla 5.6.20: Verificación de diagonales y montantes de las vigas V1 . Fuente: Elaboración propia.

Diagonal		Montante	
Perfil	L 64 x 64 x 6,4*	Perfil	L 38 x 38 x 3,2*
Longitud diagonal [cm]	262	Longitud montante [cm]	205
Distancia entre presillas [cm]	87.33	Distancia entre presillas [cm]	68.33
Pu max (-) [kN]	-113.836	Pu max (-) [kN]	-10.297
Pu max (+) [kN]	136.834	Pu max (+) [kN]	10.986
Pandeo local del ala		Pandeo local del ala	
Qs	1.00	Qs	1.000
Verificación pandeo global		Verificación pandeo global	
$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	135.75	$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	178.26
Fcr [kN/cm ²]	9.38	Fcr [kN/cm ²]	5.45
Pd [kN]	125.51	Pd [kN]	21.95
Pu/Pd	0.91	Pu/Pd	0.47
Verificación tracción		Verificación tracción	
Pd [kN]	332.90	Pd [kN]	100.25
Pu/Pd	0.41	Pu/Pd	0.11
Verificación esbeltez local		Verificación esbeltez local	
a/ri local	72.18	a/ri local	96.24
0,75 . λ_{global}	101.81	0,75 . λ_{global}	133.70
Verifica		Verifica	

E. Columnas

En la Figura 5.6.18 se muestran las columnas que sostienen la cubierta y transmiten las cargas hacia las fundaciones. Las mismas presentan una longitud de 6 m y trabajan como ménsulas, por lo que se encuentran sometidas a esfuerzos axiales, momentos flectores y esfuerzos de corte.

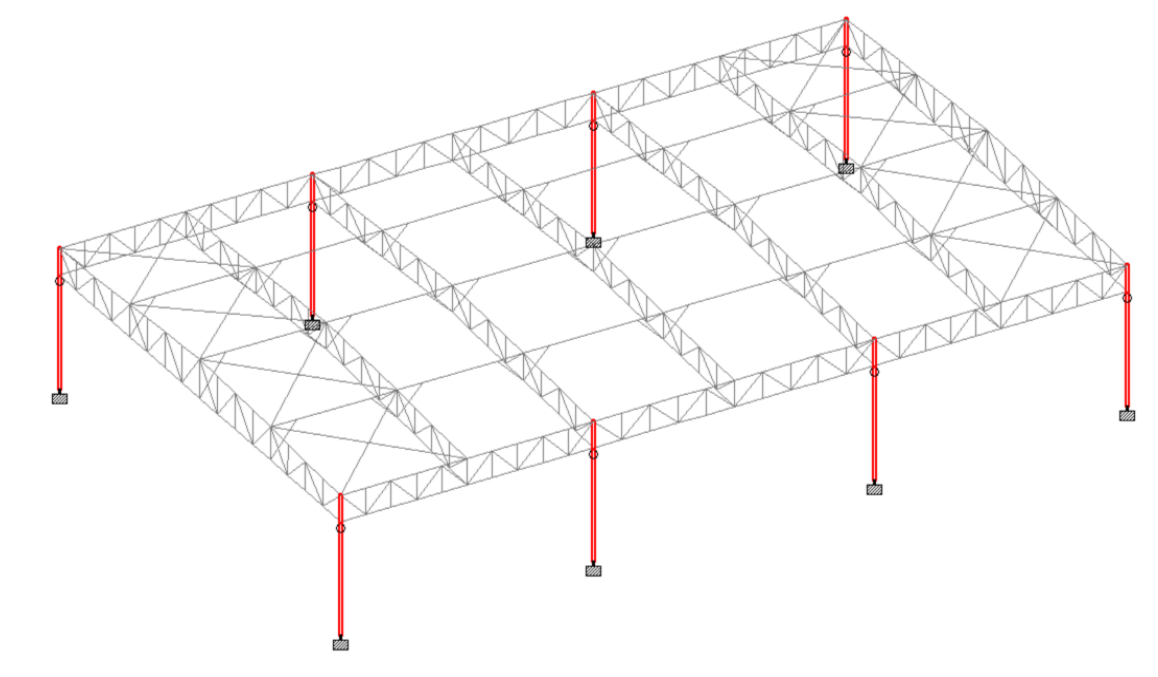


Figura 5.6.18. Columnas de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Para la verificación de los efectos combinados, se procedió de manera análoga a la adoptada para los cordones de las vigas perimetrales. En este sentido, se seleccionó del modelo en Staad aquel estado de carga que genera esfuerzos normales y momentos flectores concomitantes con valores elevados.

A modo de síntesis del procedimiento de dimensionamiento, en la Figura 5.6.19 se presentan las dimensiones y el espesor de la sección adoptada. La verificación frente a flexión compuesta con esfuerzo normal correspondiente a dicha sección se detalla en la Tabla 5.6.21.

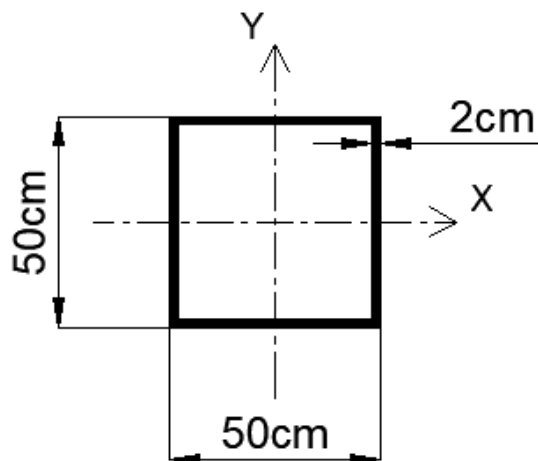


Figura 5.6.19. Sección de las columnas de la cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.6.21: Verificación de columnas. Fuente: Elaboración propia.

Datos			
Ancho [cm]	50	Mu [kNm]	552.953
Espesor [cm]	2	Pu [kN]	-371.681
Fy [kN/cm2]	23.5	Vu [kN]	92.159
Pandeo Local - Miembros comprimidos			
λ		23.00	
λ_r		40.84	
Qa		1.00	
Pandeo Local - Miembros flexados			
Alma		Ala	
λ alma	23.00	λ ala	23.00
λ_p alma	70.60	λ_p ala	32.67
ALMA COMPACTA		ALA COMPACTA	
Resistencia a compresión			
K	2.1	$\lambda_c Q^{(1/2)}$	1.25
L [cm]	600	Fcr [kN/cm2]	12.17
r [cm]	10.96	Pn [kN]	4671.87
λ	114.94	Pd [kN]	3971.09
Resistencia a tracción		Resistencia a flexión	
A [cm2]	384.00	Mp [kNm]	650.63
Tn [kN]	9024.00	Mn [kNm]	650.63
Td [kN]	8121.60	Md [kNm]	585.57
Verif. esfuerzos combinados		Verificación corte	
Pu/Pd	0.09	Vn [kN]	2820.00
Mu/Md	0.94	Vd [kN]	2538.00
0.99		Vu/Vd	0.04

F. Correas reforzadas - Puntales

Los puntales se disponen en la parte superior de la cubierta, conforme a lo indicado en la Figura 5.6.20. Como sección transversal se adopta una sección tipo cajón formada por dos perfiles tipo C conformados en frío unidos en sus labios.

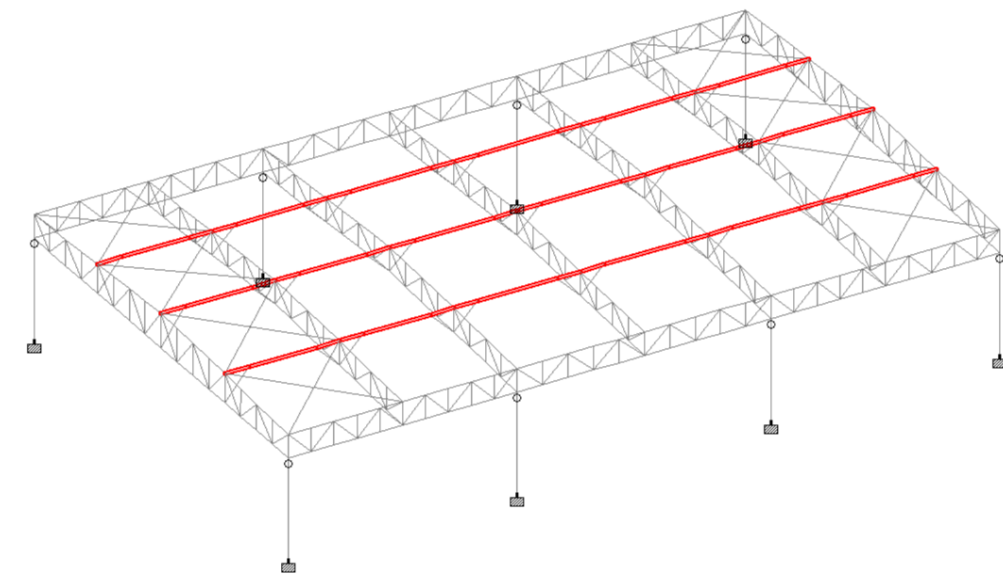


Figura 5.6.20. Puntales de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Estos elementos, además de resistir esfuerzos de compresión asociados a la transmisión de cargas de viento, cumplen una función de fijación de la cubierta, por lo que se encuentran sometidos a un estado combinado de compresión y flexión.

En consecuencia, los puntales se verifican bajo un estado combinado de compresión y flexión. La resistencia de diseño correspondiente se evalúa conforme a las expresiones establecidas en los apartados C.4.1 y C.3.1 del CIRSOC 303. En la Tabla 5.6.22 se presentan los resultados de dicha verificación.

Tabla 5.622: Verificación de puntales. Fuente: Elaboración propia.

Datos de sección cajón			
Altura ht [mm]	240	Área [cm ²]	40.74
Ancho bt [mm]	160	Jy [cm ⁴]	1607.58
Espesor t=ri [mm]	4.75	Fy [kN/cm ²]	23.5
Jx [cm ⁴]	3414.6	E [kN/cm ²]	20000
Resistencia a compresión			
Ky	1	Ancho plano [cm]	23.05
Ly [cm]	750	Fcr [kN/cm ²]	30.71
ry [cm]	6.28	λ	0.6133
Fey [kN/cm ²]	13.85	Alma totalmente efectiva	
λ_c	1.30	Aefectiva [cm ²]	40.74
Fn [kN/cm ²]	11.55	Pd [kN]	399.96
Resistencia a flexión			
Resistencia nominal de presión		Resistencia nominal de succión	
Mn [kNm]	66.87	R	0.4
Md [kNm]	60.18	Md [kNm]	24.07

Verificación efectos combinados			
Presión		Succión	
Pu [kN]	34.462	Pu [kN]	34.462
Mu [kNm]	28.29	Mu [kNm]	10.92
Md [kNm]	60.18	Md [kNm]	24.07
Pd [kN]	399.96	Pd [kN]	399.96
Combinación	0.56	Combinación	0.54

G. Tensores

Los tensores, tal como se ilustra en la Figura 5.6.21, se disponen en la parte superior de la cubierta en configuración de cruces, conformando un plano de arriostramiento horizontal que permite resistir las solicitaciones de viento y garantizar la adecuada transmisión de las acciones horizontales hacia las columnas.

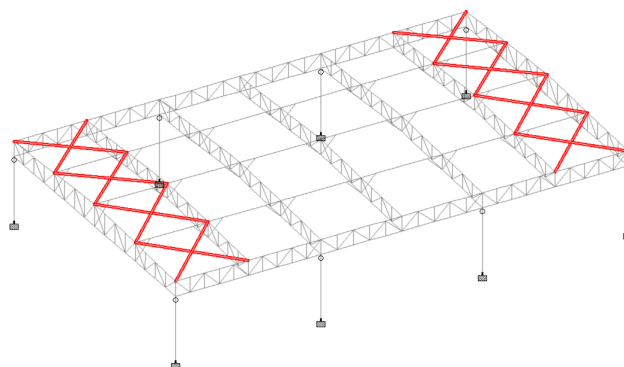


Figura 5.6.21. Tensores de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Los tensores se dimensionan mediante barras de sección circular maciza, conforme al procedimiento establecido en el apartado D.2 del CIRSOC 301, a fin de determinar su resistencia de diseño a tracción. En la Tabla 5.6.23. se presentan los diámetros adoptados, junto con las correspondientes verificaciones de resistencia.

Tabla 5.6.23: Verificación de los tensores. Fuente: Elaboración propia.

Datos			
Tu	23.47	Fy [Mpa]	235
Diámetro [cm]	1.6	Fu [kN/cm ²]	37
Área [cm ²]	2.01	γ [kN/m ³]	77.3
Longitud [cm]	940	Ae [cm ²]	1.51
Verificación a tracción			
Fluencia del área bruta		Rotura del área neta efectiva	
Rn1 [kN]	47.25	Rn2 [kN]	55.79
Φ1	0.9	Φ2	0.75
Rd1 [kN]	42.52	Rd2 [kN]	41.85
Verifica		Verifica	

H. Tornapuntas

Las tornapuntas se dimensionan para resistir los esfuerzos axiales generados por la transmisión de las cargas de viento que actúan sobre el cordón inferior de las vigas V1. Asimismo, cumplen la función de arriostrar dicho cordón frente al pandeo, extendiendo este efecto al conjunto de las vigas transversales.

En la Figura 5.6.22 se muestran estos elementos.

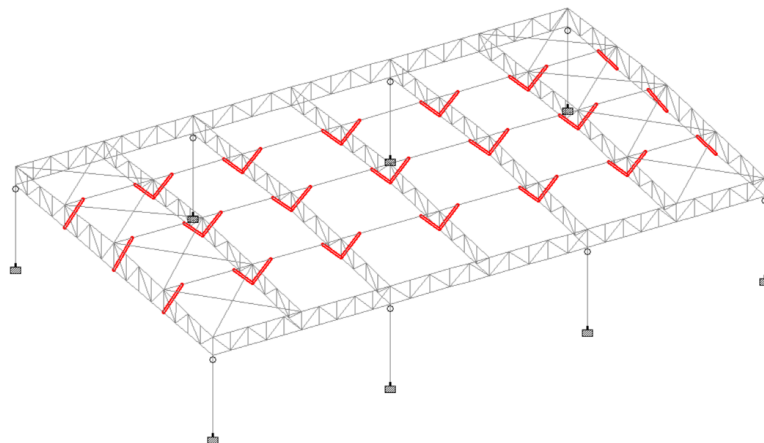


Figura 5.6.22. Tornapuntas de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.6.24 se presentan los perfiles ángulo L adoptados, los cuales se encuentran vinculados mediante presillas, de manera análoga a lo dispuesto para las diagonales y montantes de la estructura.

Tabla 5.6.24.: Verificación de tornapuntas. Fuente: Elaboración propia.

Datos	
Perfil	L 51 x 51 x 3,2*
Longitud diagonal [cm]	248
Pu max (-) [kN]	-13.867
Pu max (+) [kN]	35.11
Qs	0.93
Verificación a pandeo global	
$\lambda = \max (\lambda_{mz} , \lambda_x)$	160.00
Pd [kN]	36.90
Pu/Pd	0.95
Verificación a tracción	
Pd [kN]	135.78
Pu/Pd	0.26
Verificación de esbeltez local	
a/ri local	86.11
0,75 . λ_{global}	120.00
Verifica	

I. Revestimientos: correas y chapa de cubierta

En la Figura 5.6.23. se presenta, a modo de resumen, la delimitación de las regiones A, B, C y D, junto con sus correspondientes valores de presión y succión. En dicha figura se destacan en color negro las correas B y C. Estas últimas presentan diferencias tanto en su longitud como en la magnitud de las cargas actuantes; por este motivo, para su dimensionamiento se adopta una única sección que satisfaga las verificaciones correspondientes en ambas condiciones.

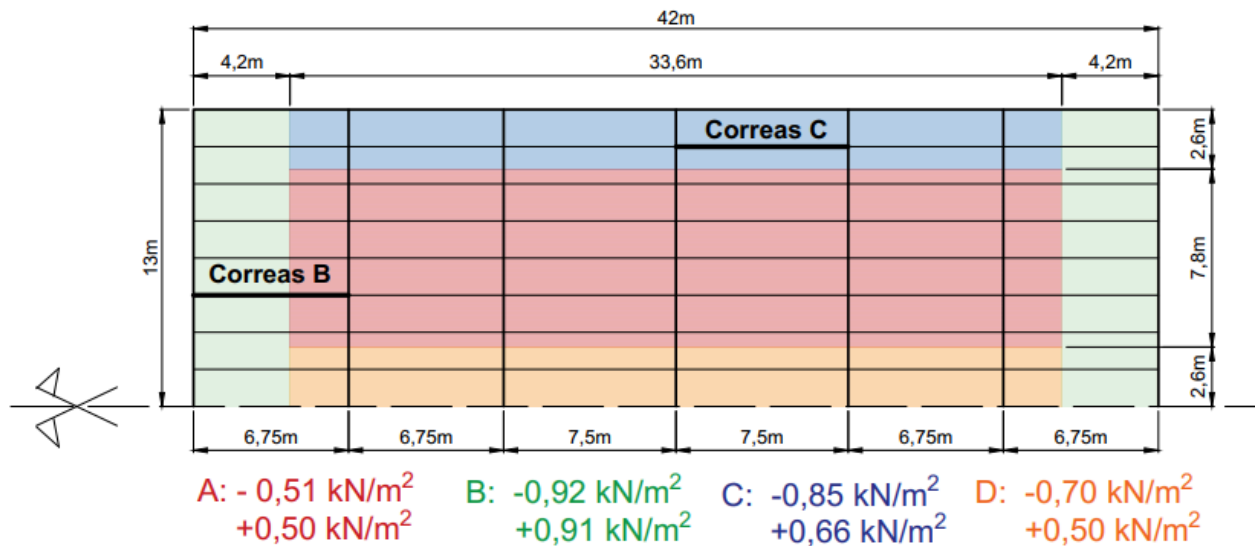


Figura 5.6.23. Valor de presión y succión en las distintas regiones para los revestimientos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.6.25 se presentan las cargas consideradas para el dimensionamiento de las correas, teniendo en cuenta una separación entre ellas de 1,625 m. Cabe destacar que tanto la carga correspondiente al peso propio como la sobrecarga de cubierta L_r se proyectan sobre el plano del eje de mayor inercia de la correa. En cambio, las componentes proyectadas sobre el eje de menor inercia no se consideran en el dimensionamiento, ya que dichas acciones son absorbidas por la chapa de cubierta, la cual trabaja como un diafragma rígido en ese plano.

Tabla 5.6.25. Cargas para el dimensionamiento de las correas. Fuente: Elaboración propia.

Dimensionamiento de las correas			
Tipo de carga		kN/m²	kN/m
Chapa + pp correa		0.15	0.24
Cielorraso suspendido		0.2	0.32
Sobrecarga L_r		0.96	1.56
Máxima presión	B	0.91	1.47
	C	0.66	1.06
Máxima succión	B	-0.92	-1.49
	C	-0.85	-1.38

En la Tabla 5.6.26. se presentan las características del perfil C adoptado para las correas. Dicho perfil se verificó frente a los estados límite de servicio y de resistencia correspondientes a

un elemento sometido a flexión, considerando las condiciones de carga y de apoyo de las correas B y C descritas anteriormente.

Tabla 5.6.26. Perfil C adoptado para las correas. Fuente: Elaboración propia.

Datos de Perfil C	
Altura ht [mm]	240
Ancho bt [mm]	80
dt [mm]	30
Espesor t=ri [mm]	4.75
Jx [cm ⁴]	1707.3
Sx [cm ³]	142.27
Jy [cm ³]	169.54
Fy [kN/cm ²]	23.5
E [kN/cm ²]	20000

En la Tabla 5.6.27. y la Tabla 5.6.28. se muestran los resultados obtenidos para las correas B y las correas C respectivamente.

Tabla 5.6.27. Verificación de las correas B. Fuente: Elaboración propia.

VERIFICACIÓN ELS - CORREAS B				
Flecha admisible		L/150 [cm]	4.5	
Combinación de cargas	Carga [kN/m]	Luz [cm]	Flecha [cm]	
D+Lr	2.12	675	1.68	
D+W presión	2.04	675	1.62	
D+W succión	-0.92	675	0.73	
D+0.7(Lr+Wpresión)	2.69	675	2.13	
D+0.7(Lr+Wsucción)	0.61	675	0.49	
VERIFICACIÓN ELU - CORREAS B				
PRESIÓN				
Combinación de cargas	Carga [kN/m]	Mu [kNm]	Md [kNm]	
1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 Wp	4.35	24.78	30.09	
1,2 D + 0,5 Lr + 1,5 Wp	3.67	20.91		
SUCCIÓN				
Combinación de cargas	Carga [kN/m]	Mu [kNm]	Factor reducción R	Md [kNm]
0,9 D + 1,5 Ws	-1.72	9.82	0.4	12.04

Tabla 5.6.28. Verificación de las correas C. Fuente: Elaboración propia.

VERIFICACIÓN ELS - CORREAS C				
Flecha admisible		L/150 [cm]		5
Combinación de cargas	Carga [kN/m]	Luz [cm]		Flecha [cm]
D+Lr	2.12	750		1.68
D+W presión	1.63	750		1.29
D+W succión	-0.81	750		0.64
D+0.7(Lr+Wpresión)	2.40	750		1.90
D+0.7(Lr+Wsucción)	0.69	750		0.55
VERIFICACIÓN ELU - CORREAS C				
PRESIÓN				
Combinación de cargas	Carga [kN/m]	Mu [kNm]	Md [kNm]	
1,2 D + 1,6 Lr + 0,8 Wp	4.02	28.29	30.09	
1,2 D + 0,5 Lr + 1,5 Wp	3.06	21.49		
SUCCIÓN				
Combinación de cargas	Carga [kN/m]	Mu [kNm]	Factor reducción R	Md [kNm]
0,9 D + 1,5 Ws	-1.55	10.92	0.7	12.04

5.6.3. Estructura de hormigón: Fundaciones de columnas y Análisis geotécnico

En este apartado se presenta el dimensionamiento de las fundaciones correspondientes a las columnas de la cubierta principal operativa. Para cada columna se adoptó una fundación conformada por un cabezal apoyado sobre un grupo de cuatro pilotes. A continuación, se desarrolla el procedimiento de cálculo.

5.6.3.1. Análisis del suelo de fundación

El dimensionamiento de los pilotes se inició con la determinación de las propiedades geotécnicas del terreno. Para ello, se utilizaron estudios de suelo y antecedentes geotécnicos correspondientes a investigaciones realizadas en la ciudad de Reconquista, en sectores próximos al sitio de implantación de la obra.

En el “[Anexo I - Estudio de suelos](#)” se presentan los estudios de suelo empleados para definir el perfil geotécnico adoptado para el dimensionamiento de los pilotes (Figura 5.6.24). De dichos estudios se extrajo la información necesaria para la conformación del perfil geotécnico de cálculo, en particular las profundidades de los distintos estratos, la clasificación de los suelos, el número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT) y el contenido de humedad natural a diferentes profundidades.

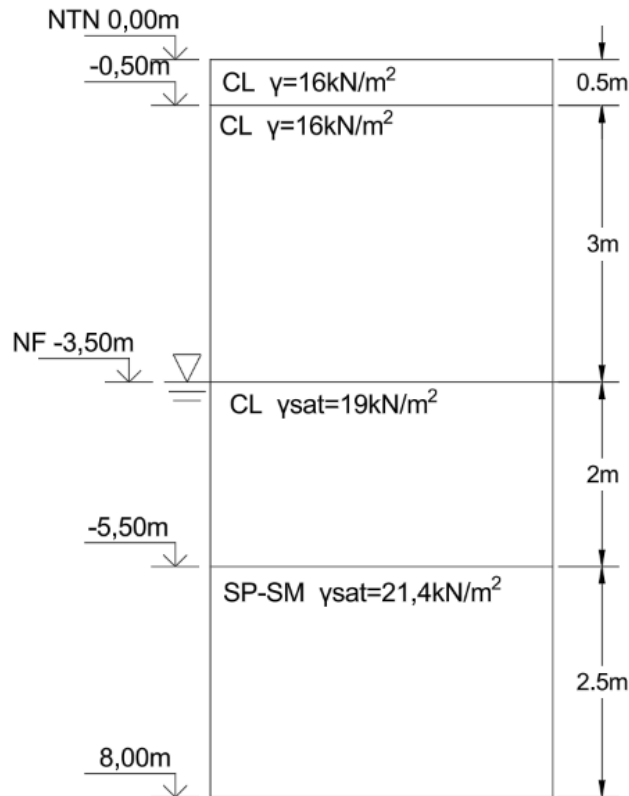


Figura 5.6.24. Perfil geotécnico del suelo de fundación. Fuente: Elaboración propia.

El perfil geotécnico adoptado se definió a partir del análisis de seis perforaciones, las cuales presentaban características similares, sin diferencias significativas entre sí. En cada una de ellas, el estrato de arcilla, de aproximadamente 3 m de espesor, contaba con entre cinco y seis registros del número de golpes del ensayo de penetración estándar (SPT), mientras que el estrato de arena, de aproximadamente 2,5 m de espesor, disponía de uno o dos registros. Para cada estrato se calculó el valor promedio del número de golpes (N-SPT), el cual se utilizó como base para estimar las propiedades geotécnicas requeridas para el dimensionamiento de los pilotes.

Adicionalmente, se contaba con el registro del nivel freático correspondiente a cada perforación. Con el fin de adoptar una hipótesis conservadora para el dimensionamiento, se consideró el mayor nivel freático observado entre todas las perforaciones analizadas.

A. Pesos específicos

Para la determinación de los pesos específicos se utilizaron los valores presentados en el libro *Principles of Geotechnical Engineering* (7.^a edición), de Braja M. Das, seleccionados en función de los valores promedio de N-SPT obtenidos para cada estrato. Asimismo, para estimar los pesos específicos saturados se emplearon los valores de humedad natural, determinados mediante un procedimiento análogo al utilizado para el cálculo de los valores promedio de N-SPT.

En la Tabla 5.6.29 se presenta la información de referencia extraída de la bibliografía, mientras que en la Tabla 5.6.30 se indican los pesos específicos finalmente adoptados para el cálculo.

Tabla 5.6.29.: Rango de valores de pesos específicos para diferentes tipos de suelo. Fuente: Tabla 3.2. Principles of Geotechnical Engineering (7.^a edición), de Braja M

Type of soil	Void ratio, e	Natural moisture content in a saturated state (%)	Dry unit weight, γ_d	
			lb/ft ³	kN/m ³
Loose uniform sand	0.8	30	92	14.5
Dense uniform sand	0.45	16	115	18
Loose angular-grained silty sand	0.65	25	102	16
Dense angular-grained silty sand	0.4	15	121	19
Stiff clay	0.6	21	108	17
Soft clay	0.9–1.4	30–50	73–93	11.5–14.5
Loess	0.9	25	86	13.5
Soft organic clay	2.5–3.2	90–120	38–51	6–8
Glacial till	0.3	10	134	21

Tabla 5.6.30.: Estimación de pesos específicos. Fuente: Elaboración propia.

Peso específico del suelo			
Tipo de suelo	N	Rango γ [kN/m ³]	γ adop [kN/m ³]
CL	8	14.5 -17	16
SP-SM	25	16-19	18
Peso saturado			
Tipo de suelo	γ adop [kN/m ³]	wn	γ_{sat} [kN/m ³]
CL	16	19	19.0
SP-SM	18	19	21.4

B. Capacidad por fricción lateral y de punta

Para la estimación de las capacidades admisibles por fricción lateral y resistencia de punta de los pilotes se siguieron los procedimientos y correlaciones propuestos en *Principles of Foundation Engineering* (9.^a edición), de Braja M. Das y Nagaratnam Sivakugan.

En el estrato de arcilla, la resistencia por fricción lateral se determinó mediante el método α , para lo cual fue necesario estimar la resistencia al corte no drenada del suelo a partir de correlaciones con el valor de N-SPT propuestas en la bibliografía de referencia. En las Tablas 5.6.31 y 5.6.32 se presentan, respectivamente, los parámetros empleados y los valores adoptados.

Tabla 5.6.31.: Correlación entre N-SPT y resistencia no drenada. Fuente: Tabla 3.6. Principles of Foundation Engineering (9.^a edición), de Braja M y Nagaratnam Sivakugan

Standard penetration number, N_{60}	Consistency	CI	Unconfined compression strength, q_u (kN/m ²)
<2	Very soft	<0.5	<25
2–8	Soft to medium	0.5–0.75	25–100
8–15	Stiff	0.75–1.0	100–200
15–30	Very stiff	1.0–1.5	200–400
>30	Hard	>1.5	>400

Tabla 5.6.32.: Método α - valores de alfa en función de la resistencia no drenada. Fuente: Tabla 3.6. Principles of Foundation Engineering (9.^a edición), de Braja M y Nagaratnam Sivakugan

$\frac{c_u}{p_a}$	α
≤ 0.1	1.00
0.2	0.92
0.3	0.82
0.4	0.74
0.6	0.62
0.8	0.54
1.0	0.48
1.2	0.42
1.4	0.40
1.6	0.38
1.8	0.36
2.0	0.35
2.4	0.34
2.8	0.34

Note: p_a = atmospheric pressure
 $\approx 100 \text{ kN/m}^2$

Para el estrato de arena, la resistencia por fricción lateral se obtuvo mediante el método β . En primer lugar, se estimó el ángulo de fricción interna del suelo a partir de la correlación propuesta en la Sección 3 del texto de referencia y, posteriormente, se aplicó el procedimiento correspondiente al método β , considerando los coeficientes asociados al tipo de pilote adoptado.

La resistencia de punta en el estrato de arena se estimó mediante la correlación propuesta por Briaud, basada en el valor de N-SPT y presentada en el Capítulo 12 de la bibliografía utilizada. Finalmente, las resistencias obtenidas se afectaron por un factor de seguridad igual a 3, con el objeto de contemplar las incertidumbres inherentes al procedimiento de cálculo y a la variabilidad de los resultados de los ensayos geotécnicos. A continuación se presenta un resumen de los resultados en la tabla 5.6.33.

Tabla 5.6.33.: Resumen de resultados de resistencias friccionales y de punta de los estratos y otras propiedades.Fuente: elaboración propia

Resumen de propiedades de capacidad del suelo	
Arcilla (CP)	
Cu [kN/m2]	43.75
FS	3.00
qf adm[kN/m2]	10.46
Arena (SP-SM)	
ϕ [°]	34.26
FS	3.00
qf adm[kN/m2]	18.82
qp adm[kN/m2]	2092.20

Las tablas con los cálculos más detallados se presentan en el [“Anexo III - Diseño y cálculo estructural”](#).

5.6.3.2. Geometría del cabezal

En la tabla 5.6.34 y la figura 5.6.25 se presentan las dimensiones del cabezal obtenidas a partir de las dimensiones de la sección de la columna y de adoptar un diámetro de pilote.

Tabla 5.6.34.: Dimensionamiento de la geometría del cabezal. Fuente: elaboración propia

Geometría de cabezal	
cantidad de pilotes n	4
diámetro pilotes Ø [m]	0.6
separación S=2,5Ø [m]	1.5
sección columna a [m]	0.5
altura del cabezal	
d [m] >=	0.875
h [m] >=	1.00
h adop [m]	1.00
A [m]	2.3
Cabezal adoptado 2,3m x 2.3m x 1,1m	

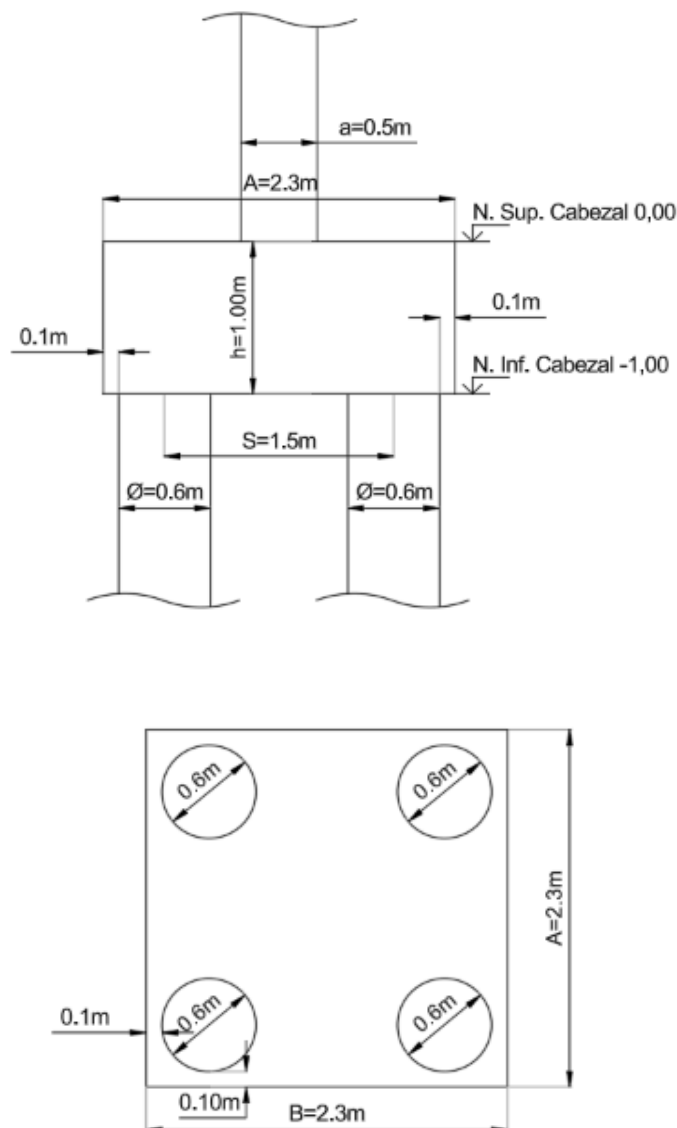


Figura 5.6.25. Corte y planta de las dimensiones del cabezal. Fuente: Elaboración propia.

5.6.3.3. Análisis de cargas

A partir de los resultados del análisis estructural realizado en STAAD.Pro se obtuvieron las solicitaciones correspondientes a los Estados Límite de Servicio (ELS) y a los Estados Límite Últimos (ELU) para todas las columnas. Posteriormente, se identificaron las combinaciones de carga que producían la máxima compresión axial, el máximo momento flector respecto del eje x y el máximo momento flector respecto del eje z, considerando en cada caso la columna más solicitada. Para cada una de estas tres situaciones se obtuvieron los valores de fuerza axial, fuerzas de corte en ambas direcciones y momentos flectores respecto de ambos ejes, los cuales se emplearon para el dimensionamiento de las fundaciones. En el [“Anexo III - Diseño y cálculo estructural”](#) se presentan las tablas con el detalle de las solicitaciones obtenidas.

Cabe destacar que, para todas las combinaciones de carga analizadas, las columnas permanecen sometidas a compresión, sin registrarse esfuerzos de tracción. En caso de haberse presentado esta situación, también habría sido necesario incorporarla como un estado de carga de diseño para el dimensionamiento de la fundación.

Una vez definidas las solicitaciones para cada uno de los tres estados considerados, estas se trasladaron al nivel inferior del cabezal. Para ello, los esfuerzos de corte se tuvieron en cuenta en el traslado de los momentos flectores, mientras que a la fuerza axial transmitida por la columna se adicionó el peso propio del cabezal. En las verificaciones correspondientes al ELU, dicho peso propio se mayoró con el mismo coeficiente aplicado a las cargas permanentes (D) en la combinación de carga correspondiente a cada uno de los tres estados analizados.

De esta manera, se obtuvieron la fuerza axial y los momentos flectores respecto de ambos ejes actuantes sobre el grupo de pilotes, los cuales fueron posteriormente distribuidos entre los cuatro pilotes que conforman la fundación. En la Figura 5.6.26 se presenta el sistema de ejes adoptado para el análisis.

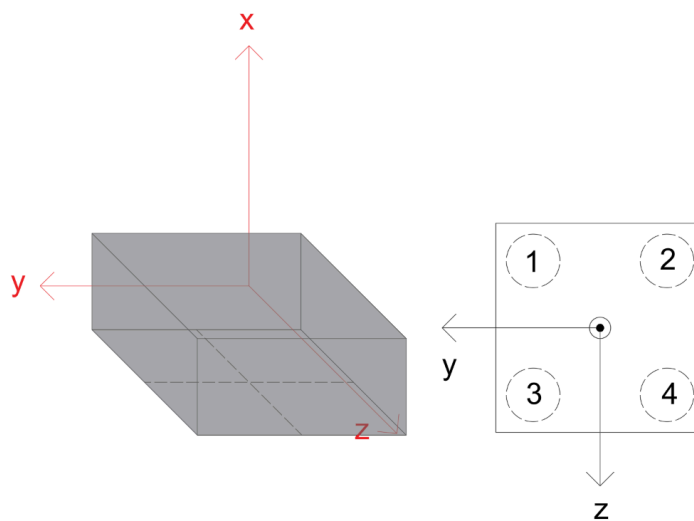


Figura 5.6.26. Ejes en cabezal para el cálculo de las cargas. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, las solicitaciones se distribuyeron entre los cuatro pilotes que conforman el grupo, identificándose el pilote sometido a la máxima compresión. En ninguno de los estados analizados se obtuvieron pilotes traccionados; no obstante, de haberse presentado esta situación, dicha condición debería haber sido considerada en el dimensionamiento de la fundación. En la tabla 5.6.35 se presenta un resumen de los resultados para ELS y ELU. El análisis detallado de la obtención de las cargas se adjunta en el [“Anexo III - Diseño y cálculo estructural”](#). Los resultados correspondientes al Estado Límite Último (ELU) se utilizan para el cálculo de la armadura de los pilotes, cuyo dimensionamiento se desarrolla en los apartados siguientes del presente informe.

Tabla 5.6.35.: Resumen de resultados de carga en pilotes. Fuente: elaboración propia

Resumen de resultados	
ELS	
Máxima compresión Cs	-241.63
Pilote	4
Máxima tracción Ts	45.67
ELU	
Máxima compresión Cu	-348.64
Pilote	4
Máxima tracción Tu	83.45

5.6.3.4. Longitud de los pilotes

Conocida la carga máxima de compresión que puede darse en un pilote en el ELS, se procede a calcular la longitud que este debe tener en función de la capacidad del suelo en el que se funda, cuyas propiedades fueron obtenidas en el apartado [5.6.3.1](#).

Se determinó la resistencia admisible del suelo para una longitud inicial de pilote correspondiente al nivel inferior del estrato de arena (cota -8,00 m), obtenida como la suma de la resistencia por fricción lateral desarrollada en el estrato de arcilla, la resistencia por fricción lateral desarrollada en el estrato de arena y la resistencia de punta movilizada en dicho estrato. Este valor se comparó con la carga máxima de compresión obtenida en el apartado anterior y, a partir de dicha comparación, se ajustó iterativamente la longitud del pilote hasta alcanzar una resistencia admisible compatible con la carga actuante.

Posteriormente, se calculó el peso propio del pilote y se adicionó a la carga de compresión, repitiéndose el procedimiento de ajuste de la longitud. De esta manera, se obtuvo la longitud final adoptada para el pilote. Además se verificó el pilote traccionado con la longitud adoptada considerando que este resiste la fuerza únicamente por la resistencia friccional del suelo.

En las tablas 5.6.36 y 5.6.37 se muestra el procedimiento antes descrito.

Tabla 5.6.36.: Resistencia admisible del suelo. Fuente: elaboración propia

Resistencia friccional y de punta							
Estrato	qf [kN/m2]	qp [kN/m2]	h [m]	Nf [kN]	Nf acum [kN]	Np [kN]	Cmax [kN]
E1, E2	11.33	-	4.50	$\pi \cdot \emptyset \cdot h1 \cdot qf(E1)$	96.13	-	96.13
				96.13			
E3	16.72	1740.76	2.50	$\pi \cdot \emptyset \cdot h2 \cdot qf(E3)$	174.94	$(\pi \emptyset^2 / 4) \cdot qp(E3)$	667.13
				78.81		492.19	

Tabla 5.6.37.: Cálculo de la longitud del pilote. Fuente: elaboración propia.

Longitud del pilote	
Cmax [kN]	667.13
Cs [kN]	241.631
Con la resistencia friccional de E1 y la resistencia de punta de E3 es suficiente. Se considera que se empotra en E3 más de 2Ø para que efectivamente se de la resistencia por punta	
Cs ≤ Np + Nf	
L3 [m3]	1.20
Ltotal necesario [m]	5.70
Ladop [m]	6
CP [m]	-7
Ajustes de cálculos por PP pilote	
PPpilote [kN]	42.41
Cs [kN]	284.04
Cmax [kN]	635.60
VERIFICA	
Verificación de pilote traccionado	
Tmax [kN]	45.67
Ts [kN]	143.42
VERIFICA	

5.6.3.5. Modelo de la fundación

Una vez definida la longitud de los pilotes y las dimensiones del cabezal, se desarrolla el modelo estructural en STAAD.Pro de la fundación de las columnas.

En dicho modelo, los pilotes se discretizan mediante resortes lineales en ambas direcciones del plano, con el objetivo de representar la interacción suelo–estructura frente a cargas laterales. Estos resortes se disponen a lo largo del fuste con una separación de 0,50 m. La constante elástica asociada a cada resorte se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Kr = Kh \cdot hr \cdot B$$

donde,

Kr: Constante elástica del resorte lineal [kN/m]

Kh: Coeficiente de balasto horizontal del suelo [kN/m³]

hr: Ancho de influencia en cada resorte [m]

B: Diámetro del pilote [m]

En lo que respecta al coeficiente de balasto, entre los 0 m y 5,50 m de profundidad se desarrolla un estrato arcilloso de baja plasticidad, por lo que el mismo se considera constante a lo largo de toda su altura. El valor adoptado se estima a partir de la ecuación propuesta por Selvadurai:

$$Kh \text{ arc} = \frac{0,65 E_s}{B (1 - \mu^2)}$$

donde,

Kh_{arc} : Coeficiente de balasto horizontal para suelos arcillosos [kN/m³]

E_s : Módulo de deformación del suelo [kN/m²]

B : Diámetro del pilote [m]

μ : Coeficiente de Poisson del suelo [m]

En la Tabla 5.6.38 se presenta el rango de valores del módulo de deformación en función del número de golpes del ensayo SPT. Para un valor de NSPT=8, se adopta un valor de E_s obtenido por interpolación dentro del rango correspondiente a suelos flojos a blandos, considerando un valor aproximado de 6.400 kN/m².

Tabla 5.6.38.: Módulo de deformación del suelo. Fuente:SE-C Seguridad estructural de cimientos.

Tipo de suelo	N _{SPT}	q _u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	>15.000

El estrato subyacente corresponde a una arena, en la cual el coeficiente de balasto horizontal presenta un incremento con la profundidad. En consecuencia, a los resortes ubicados en dicho estrato se les asigna una constante elástica variable, en función de la profundidad a la que se encuentran. El valor del coeficiente de balasto se estima mediante la siguiente fórmula:

$$Kh_{arena} = n_h \cdot \frac{Z}{B}$$

donde,

Kh_{arena} : Coeficiente de balasto horizontal para suelos granulares [Kn/m³]

n_h : Coeficiente de variación con la profundidad [Kn/m²]

B : Diámetro del pilote [m]

En la Tabla 5.6.39. se muestra el intervalo de valores en el que ronda el coeficiente de variación en base a la densidad de la arena. En nuestro caso se trata de una arena de 25 golpes de N-SPT y que se encuentra en presencia del nivel freático, por ende se adopta un valor intermedio dentro del rango recomendado para una arena sumergida de consistencia media.

Tabla 5.6.39: Coeficiente de variación con la profundidad. Fuente: Braja M.Das 7ma Edición.

Suelo	n_h kN/m ³
Arena seca o húmeda	
Suelta	1800-2200
Media	5500-7000
Densa	15000-18000
Arena sumergida	
Suelta	1000-1400
Media	3500-4500
Densa	9000-12000

En la Tabla 5.6.40. se muestran los coeficientes adoptados para cada uno de los resortes, en función del tipo de suelo y de la profundidad a la que se encuentran, a partir de los cuales se determina la constante elástica correspondiente. En la Figura 27 se presenta un esquema del modelo del pilote.

Tabla 5.6.40: Parámetros de los resortes. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros de los resortes					
Profundidad	Es [MPa]	nh [kN/m ³]	Coef balasto Horiz. [kN/m ³]	Ancho inf. [m]	Kr [kN/m]
0	6.4	-	9244	0.5	2773
5.5					
5.75	-	4000	1667	0.5	500
6.25	-	4000	5000	0.5	1500
6.75	-	4000	8333	0.5	2500

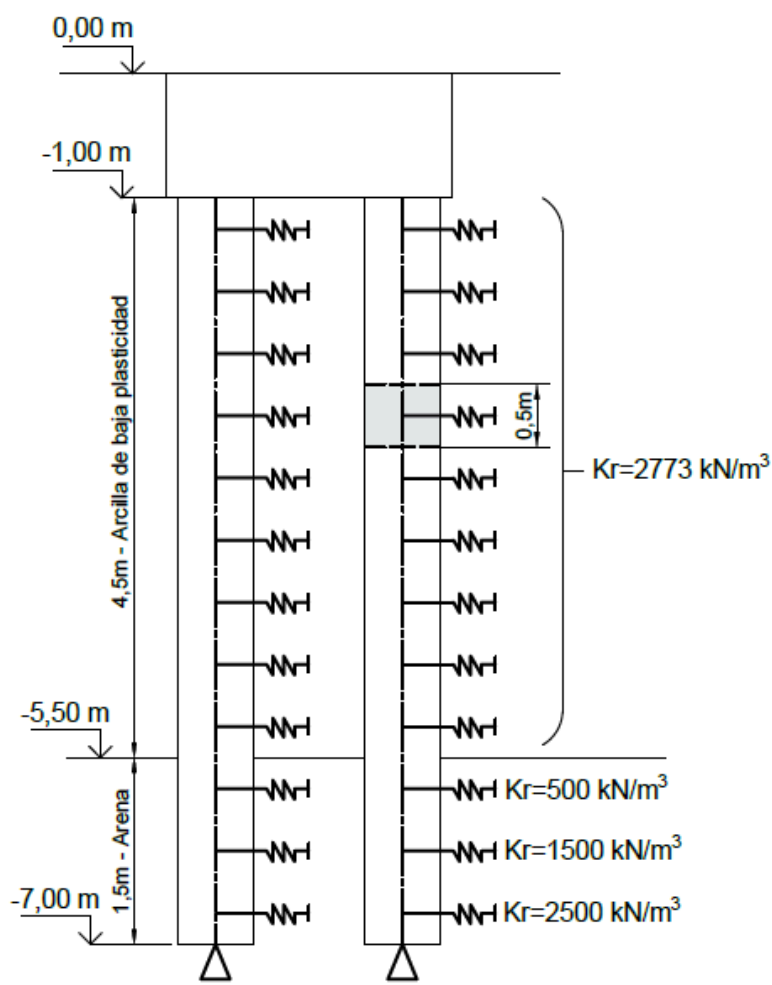


Figura 5.6.27. Modelo de pilotes con resortes elásticos. Fuente: Elaboración propia.

Luego, se modela el cabezal que recibe las solicitaciones de esfuerzo cortante, fuerza normal y momento flector provenientes de la columna, y las transmite a los pilotes. Para su

análisis, se considera un reticulado espacial desarrollado en el interior del cabezal, en cuyo vértice superior se aplican los estados de carga detallados en el apartado [“5.6.3.3. Análisis de cargas”](#), tal como se muestra en la Figura 5.6.28.

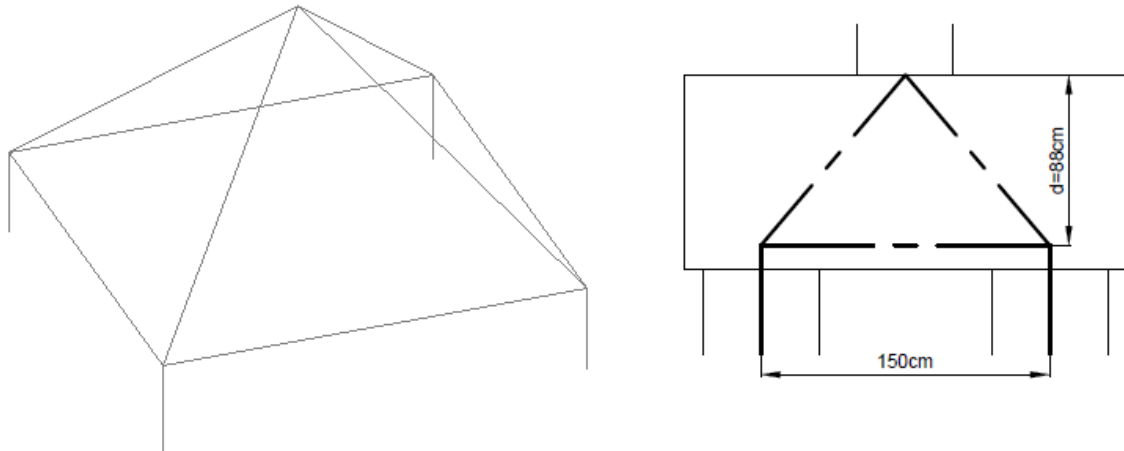


Figura 5.6.28. Modelo del cabezal. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.6.29 se puede observar el modelo de elementos de barras completo de la estructura de la fundación de las columnas.



Figura 5.6.29. Modelo de la estructura de fundación. Fuente: Elaboración propia.

5.6.3.6. Dimensionamiento armadura de la estructura de fundación

A. Cabezal

La armadura principal se determina a partir del máximo esfuerzo de tracción obtenido del análisis de las barras inferiores del modelo de reticulado espacial del cabezal. Asimismo, se evalúa el máximo esfuerzo de compresión, con el cual se verifica la biela comprimida.

En la Figura 5.6.30 se presentan los esfuerzos anteriormente mencionados correspondientes a los tres estados de carga aplicados sobre el cabezal.

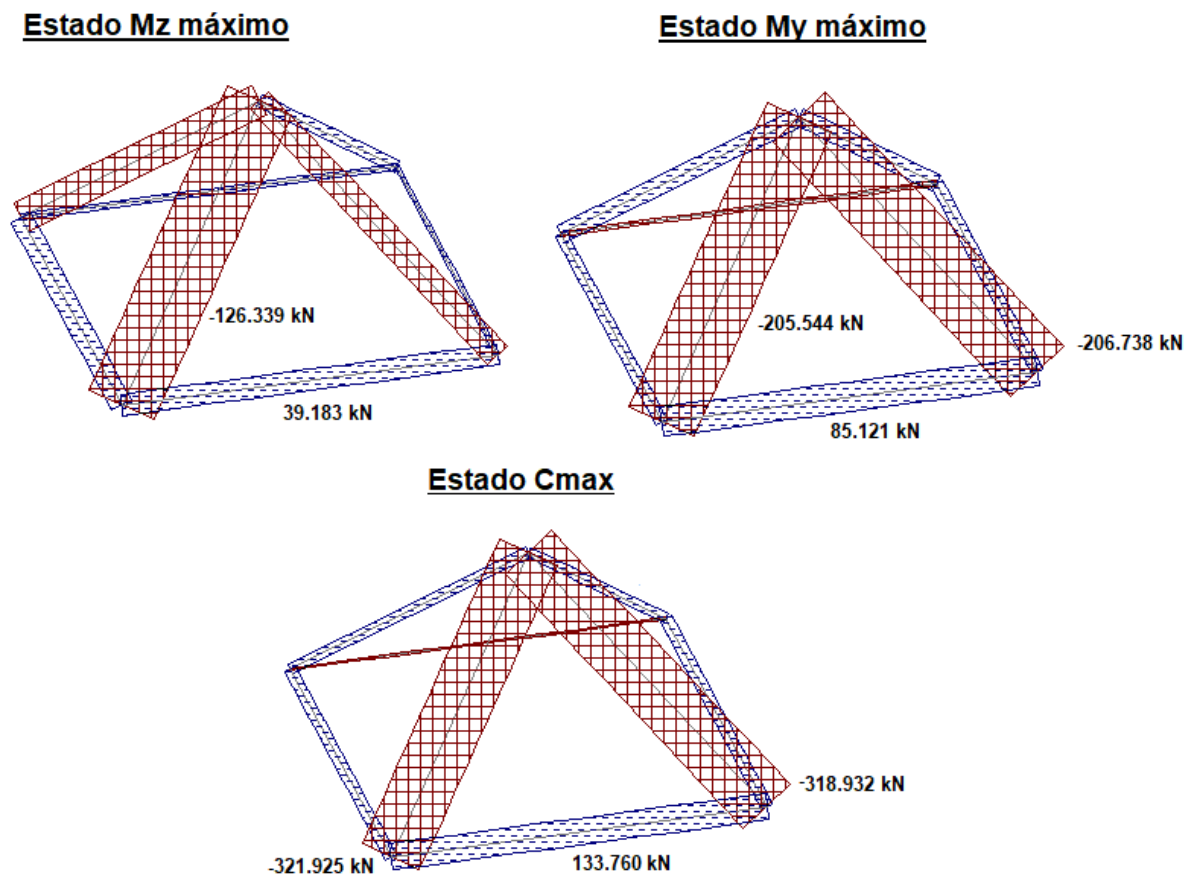


Figura 5.6.30. Esfuerzos normales en las bielas del cabezal. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.6.41. se presenta la armadura inferior principal adoptada en el cabezal, así como las armaduras mínimas complementarias, las cuales no cumplen una función resistente principal pero resultan necesarias por razones constructivas, y se determinan como una proporción de la armadura principal.

Tabla 5.6.41.: Dimensionamiento de la armadura del cabezal. Fuente: Elaboración propia.

Armadura cabezal			
Armadura principal			
Tu [MN]	0.13376	As [cm ²]	4.25
Φ	0.75	4 Ø12	
fy [Mn/m ²]	420	As adop [cm ²]	4.52

Armadura secundaria		Armadura superior	
1/4 As prin [cm2/m]	1.33	0,2 As prin [cm2/m]	1.06
1 de Ø8 cada 20 cm (2,5 cm2/m)		1 de Ø8 cada 20 cm (2,5 cm2/m)	
Estribos		Armadura de piel	
Estribos mínimos		30% de la armadura principal	
1Ø8 c/20		1 de Ø8 cada 20 cm (2,5 cm2/m)	

Además, se verifica el puntal comprimido siguiendo las expresiones propuestas en el apartado A.3 del Apéndice A del CIRSOC 201. En la Figura 5.6.31 se detallan los puntales que conforman el modelo de reticulado espacial, junto con sus respectivos anchos, adaptándose el valor mínimo a los efectos de la verificación a compresión.

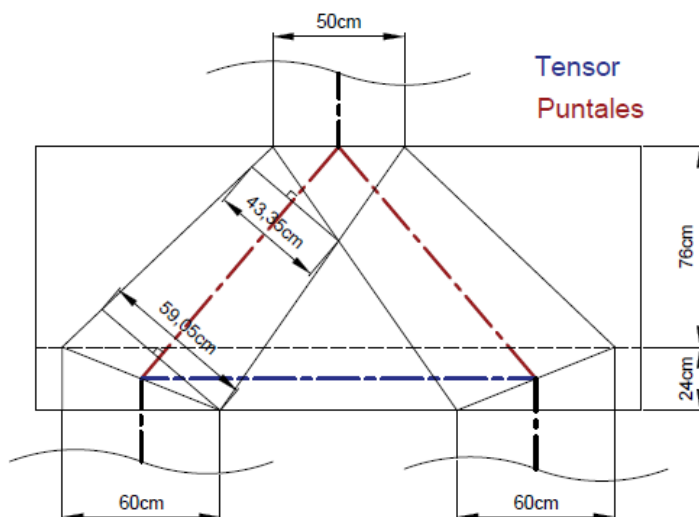


Figura 5.6.31. Esfuerzos normales en las bielas del cabezal. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.6.42. se presenta la verificación de la biela, observándose que la resistencia a compresión del puntal resulta superior al máximo esfuerzo normal actuante.

Tabla 5.6.42. Verificación de la biela comprimida. Fuente: Elaboración propia.

Verificación del puntal	
Biela comprimida [kN]	321.93
Wsc [cm]	43.35
Ancho columna [cm]	50
β_s	0.6
$f'c$ [kN/cm ²]	3
$f_{ce} = \beta_s \cdot 0,85 \cdot f'c$ [kN/cm ²]	1.53
Fns [kN]	3316.28
Φ Fns [kN]	2487.21
P_u / Φ Fns	0.13

En la Figura 5.6.32 se presenta el esquema de armaduras del cabezal, donde la armadura principal se dispone en bandas sobre los pilotes.

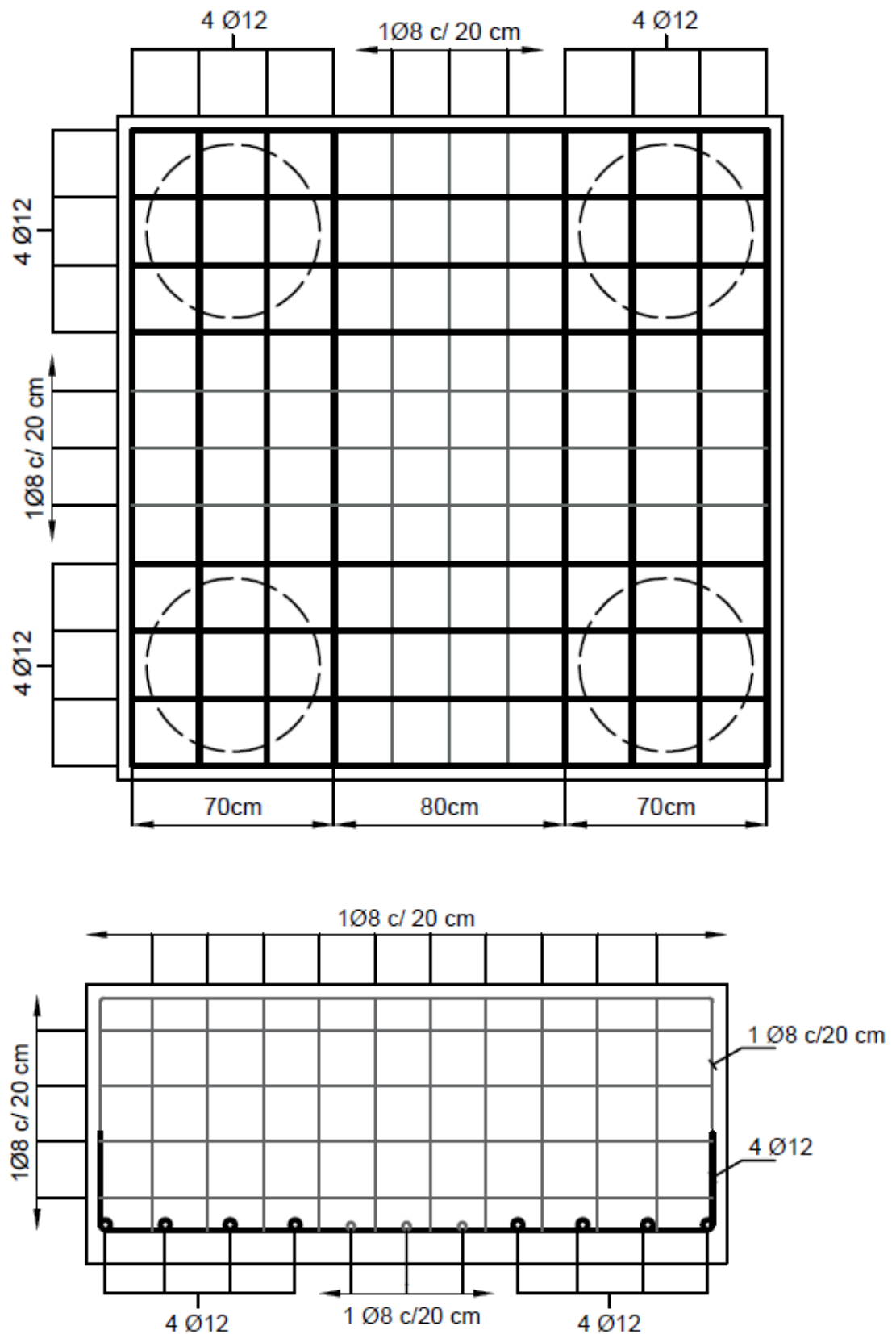


Figura 5.6.32. Esquema de armaduras del cabezal. Fuente: Elaboración propia.

B. Pilotes

En la Tabla 5.6.43. se detallan los esfuerzos normales actuantes en cada pilote para los diferentes estados de carga considerados. En base a dichos esfuerzos, se calcula la armadura mínima requerida para las condiciones más desfavorables de tracción y compresión, adoptándose como armadura de diseño aquella correspondiente al caso más crítico.

Tabla 5.6.43.: Resumen de esfuerzos normales sobre los pilotes. Fuente: Elaboración propia.

Reacciones en los pilotes			
Pilote	C1	C2	C3
1	-158.10	83.45	48.01
2	-73.54	81.43	44.84
3	-84.70	-346.62	-336.12
4	-0.14	-348.64	-339.29
Máxima compresión Cu			-348.64
Maxima traccion Tu			83.45

Para el cálculo de la armadura a compresión, se considera al pilote como una columna de hormigón armado sometida a compresión simple, cuya resistencia de diseño frente a carga axial se determina a partir de la expresión indicada en el apartado 10.3.6.2 del CIRSOC 201.

En la Tabla 5.6.44 se presenta la armadura longitudinal adoptada para los pilotes. Para la condición de compresión, se consideran dos valores de cuantía mínima en función del área de referencia. Una de ellas corresponde al 1% del área necesaria para resistir los esfuerzos de compresión, mientras que la otra se define como el 0,5% del área bruta del pilote.

Tabla 5.6.44: Dimensionamiento de armadura longitudinal del pilote. Fuente: Elaboración propia.

Armadura pilote comprimido			
$\Phi P_{n,max}=0,80\Phi[0,85 f_c'(A_g-A_{st})+f_y A_{st}]$			
$\rho=A_{st}/A_g$	0.01	Ag nec [cm2]	265.66
Φ	0.65	Ag adop [cm2]	2827.43
f_c' [Mpa]	25	Asmin1 [cm2]	2.66
f_y [MPa]	420	Asmin2 [cm2]	14.14
Cu pilote [kN]	348.64	As adop [cm2]	14.14
Armadura pilote traccionado			
Φ	0.9	Tu pilote [kN]	83.45
f_y [MPa]	420	As [cm2]	2.21
Determinante armadura pilote comprimido		5Ø20	
		As adop [cm2]	15.71

Para los estribos se adopta una disposición en forma de espiral, cuyo diámetro y separación, definidos en la Tabla 5.6.45, siguen las recomendaciones establecidas en los apartados 7.10.5.1 y 7.10.5.2 del CIRSOC 201, respectivamente.

Tabla 5.6.45: Armadura de los estribos del pilote. Fuente: Elaboración propia.

Estribos	
db [mm]	20
dbe [mm]	8
sep [cm]	24
Øespiral [cm]	50
Long. 1 vuelta lv [cm]	158.90
L pilote [m]	6
Cant. vueltas mv	25
Long. espiral le [m]	39.73
Cant. de barras mb	3.48
3 barras de 12m	
1 barra de 3.73m	

A partir de la armadura longitudinal y los estribos adoptados, se realiza el esquema de armaduras de los pilotes, el cual se puede observar en la Figura 5.6.33.

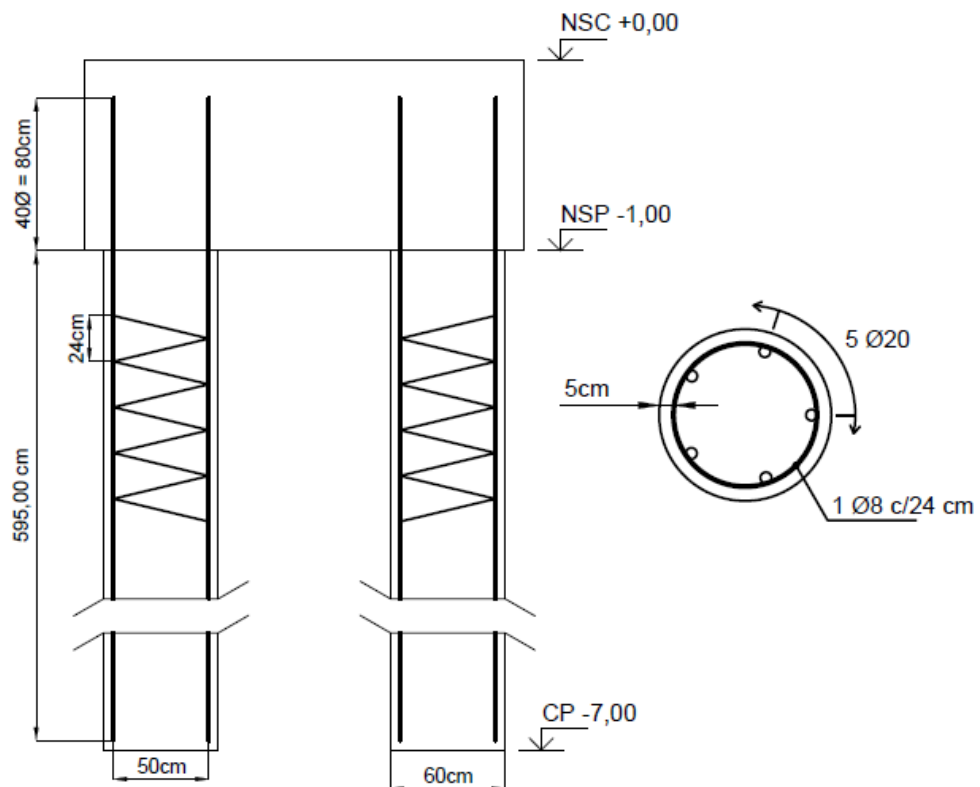


Figura 5.6.33. Esquema de armaduras de los pilotes. Fuente: Elaboración propia.

5.6.3.7. Verificación de la resistencia lateral del suelo

En esta verificación se compara la presión resultante en la superficie de influencia de cada uno de los resortes, obtenida luego de la aplicación de las cargas sobre la estructura, con la capacidad resistente lateral del suelo.

La presión individual a la que se encuentra sometida la superficie del pilote, asociada a cada resorte, se obtiene dividiendo la reacción correspondiente de éste por el producto entre el ancho de influencia del resorte (0,50 m) y el diámetro del pilote.

Por otro lado, la presión máxima que puede movilizar el suelo se determina mediante la teoría de Broms, la cual establece expresiones específicas tanto para suelos granulares como para suelos puramente cohesivos:

- $Pr (arena) = 3 Php \rightarrow$ Presión de rotura de suelos granulares

$$Php = Pv \cdot N\phi + 2 \cdot C\sqrt{N\phi}$$

donde,

Php : Presión vertical efectiva

$$N\phi = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

C : Cohesión del suelo

ϕ : Ángulo de fricción del suelo

- $Pr (arcilla) = 9 Cu \rightarrow$ Presión de rotura de suelos cohesivos

donde,

Cu : Cohesión del suelo medida en ensayos no drenados

En la Tabla 5.6.46 se presentan las distintas presiones calculadas para cada profundidad correspondiente a la ubicación de los resortes, destacándose la presión última horizontal del suelo.

Tabla 5.6.46: Presión de rotura horizontal en cada resorte. Fuente: Elaboración propia.

Presión de rotura horizontal [kN/m]				
Profundidad	Presión Neutra [kN/m ²]	Presión vert. [kN/m ²]	Presión vert. efec. [kN/m ²]	Presión rotura Horiz. [kN/m ²]
1.25	0	20	20	393.75
1.75	0	28	28	393.75
2.25	0	36	36	393.75
2.75	0	44	44	393.75
3.25	0	52	52	393.75
3.75	2.45	60.75	58.30	393.75

Presión de rotura horizontal [kN/m]				
Profundidad	Presión Neutra [kN/m ²]	Presión vert. [kN/m ²]	Presión vert. efec. [kN/m ²]	Presión rotura Horiz. [kN/m ²]
4.25	7.36	70.25	62.89	393.75
4.75	12.26	79.75	67.49	393.75
5.25	17.17	89.25	72.08	393.75
5.75	22.07	99.35	77.28	2440.46
6.25	26.98	110.05	83.07	2623.47
6.75	31.88	120.75	88.87	2806.47

En la Tabla 5.6.47 se presentan las presiones y desplazamientos máximos obtenidos en cada uno de los resortes de los pilotes, identificados mediante el número de nodo.

Tabla 5.6.47: Verificación de la resistencia lateral del suelo. Fuente: Elaboración propia.

Profundidad	Nodo	Desplazamiento [mm]		Presión [kN/m ²]		Coef. de seguridad	
		X max	Y max	Px max	Py max	FS x	FS y
1.25	5	0.28	1.294	2.59	11.96	152	33
	17	0.292	1.369	2.70	12.65	146	31
	29	0.249	1.37	2.30	12.66	171	31
	41	0.261	1.293	2.42	11.95	163	33
1.75	6	0.246	1.116	2.28	10.31	173	38
	18	0.267	1.215	2.47	11.23	159	35
	30	0.206	1.217	1.90	11.25	207	35
	42	0.227	1.114	2.10	10.30	188	38
2.25	7	0.211	0.934	1.95	8.63	202	46
	19	0.238	1.048	2.20	9.69	179	41
	31	0.241	1.051	2.22	9.71	177	41
	43	0.191	0.932	1.77	8.62	223	46
2.75	8	0.174	0.755	1.61	6.97	245	56
	20	0.251	0.875	2.32	8.09	170	49
	32	0.262	0.878	2.42	8.12	162	49
	44	0.155	0.753	1.44	6.96	274	57
3.25	9	0.144	0.581	1.33	5.37	296	73
	21	0.26	0.702	2.41	6.49	164	61
	33	0.27	0.705	2.49	6.52	158	60
	45	0.138	0.579	1.28	5.35	308	74
3.75	10	0.145	0.415	1.34	3.84	294	103
	22	0.26	0.533	2.40	4.92	164	80
	34	0.266	0.536	2.46	4.95	160	80
	46	0.141	0.413	1.30	3.82	303	103

Profundidad	Nodo	Desplazamiento [mm]		Presión [kN/m ²]		Coef. de seguridad	
		X max	Y max	Px max	Py max	FS x	FS y
4.25	11	0.142	0.257	1.31	2.37	301	166
	23	0.252	0.368	2.33	3.40	169	116
	35	0.256	0.371	2.37	3.43	166	115
	47	0.139	0.255	1.28	2.36	307	167
4.75	12	0.136	0.106	1.25	0.98	314	402
	24	0.239	0.209	2.21	1.93	178	204
	36	0.241	0.211	2.23	1.95	177	202
	48	0.134	0.104	1.24	0.96	318	409
5.25	13	0.128	0.078	1.18	0.72	334	547
	25	0.223	0.054	2.06	0.50	191	793
	37	0.223	0.056	2.06	0.52	191	757
	49	0.128	0.05	1.18	0.47	334	844
5.75	14	0.119	0.188	0.20	0.31	2002	1257
	26	0.205	0.105	0.34	0.18	1147	2229
	38	0.203	0.104	0.34	0.17	1170	2272
	50	0.12	0.19	0.20	0.32	1969	1243
6.25	15	0.109	0.326	0.55	1.63	720	242
	27	0.186	0.254	0.93	1.27	422	310
	39	0.182	0.252	0.91	1.26	433	312
	51	0.112	0.328	0.56	1.64	703	240
6.75	16	0.1	0.462	0.83	3.85	474	102
	28	0.167	0.401	1.40	3.34	282	118
	40	0.161	0.4	1.34	3.33	293	118
	52	0.104	0.464	0.86	3.87	456	102

Asimismo, en la tabla anterior se incluye el coeficiente de seguridad, definido como el cociente entre la presión horizontal última del suelo y la presión horizontal actuante. Se observa que dicho coeficiente resulta ampliamente superior a tres en todas las profundidades analizadas.

Por lo tanto, puede concluirse que el suelo es capaz de resistir los empujes laterales transmitidos por los pilotes a lo largo de toda su profundidad.

Por otra parte, se comprueba el máximo desplazamiento horizontal a nivel del cabezal, tomando como admisible un desplazamiento horizontal de 25 mm según criterio de Broms. En la Figura 5.6.34. se observa que el máximo desplazamiento horizontal está en el orden de los 2 mm, resultando esto totalmente satisfactorio.

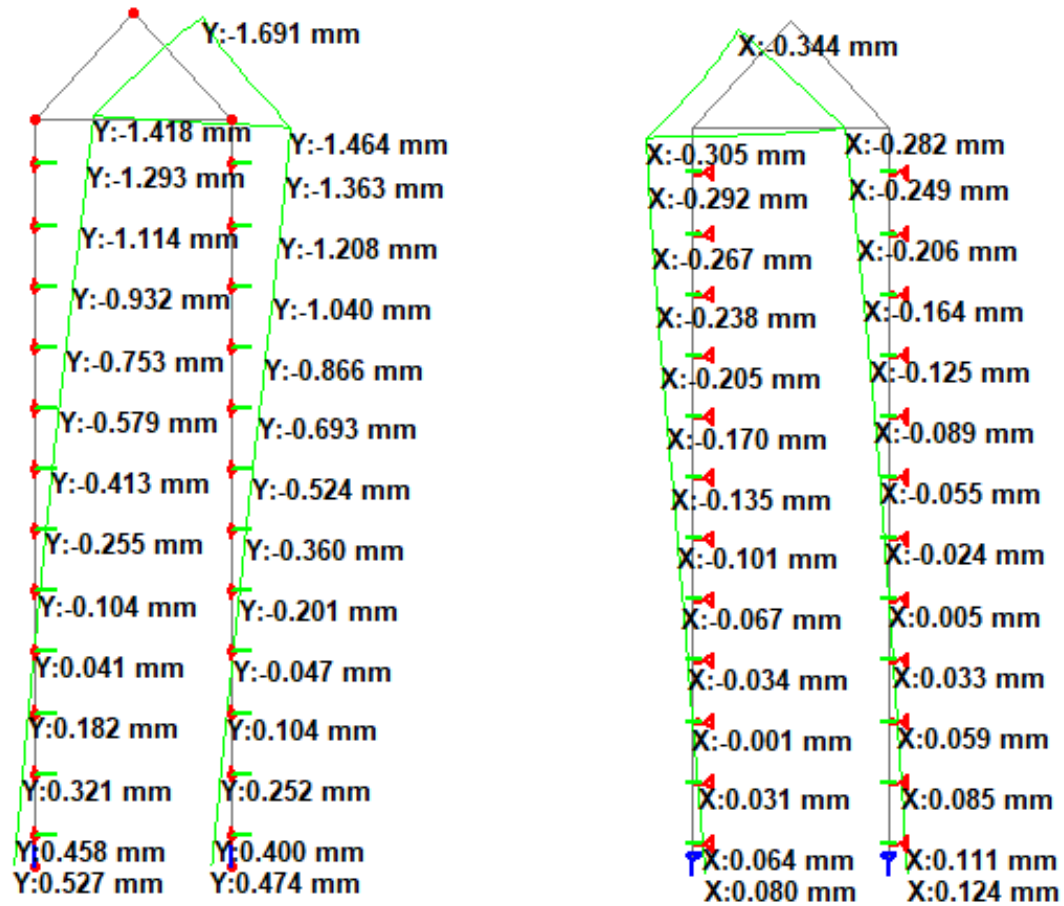


Figura 5.6.34. Desplazamientos máximos en ambas direcciones. Fuente: Elaboración propia.

6. CONSIDERACIONES DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen una estrategia global impulsada por la Organización de las Naciones Unidas orientada a promover un desarrollo equilibrado, inclusivo y sostenible a nivel mundial. Estos objetivos abordan de manera integral las principales problemáticas contemporáneas, tales como la pobreza, las desigualdades sociales, el cambio climático, la degradación ambiental, el crecimiento económico, el acceso a infraestructura y la construcción de sociedades más justas y resilientes. Véase Figura 6.1.



Figura 6.1. Objetivos del desarrollo sostenible.

En el marco de la Agenda 2030, los proyectos de infraestructura y planificación territorial adquieren un rol fundamental, ya que pueden contribuir significativamente al cumplimiento de estos objetivos mediante soluciones que integren aspectos sociales, ambientales, económicos y urbanos de manera conjunta.

Es por esto que en el proyecto se intentó cumplir con diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible, de esta manera, se busca contribuir no solo a la mejora de las condiciones de funcionamiento y organización del transporte de cargas, sino también al bienestar de las personas y al cuidado del entorno.

A continuación se presentan aquellos Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas sobre los cuales el proyecto produce una incidencia favorable.

ODS.3 - SALUD Y BIENESTAR.

Meta 3.6 Reducir el número de muertes y lesiones causadas por accidentes de tránsito.

La playa de estacionamiento permite ordenar la circulación del transporte pesado, evitando que los camiones permanezcan estacionados sobre rutas o calles urbanas. Además, la localización elegida permite el desplazamiento de los mismos sin atravesar el centro urbano de

Reconquista. Esto disminuye la interacción entre vehículos pesados y tránsito liviano, reduciendo potenciales conflictos viales y mejorando la seguridad tanto para conductores como para peatones.

ODS.6 - AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO

Meta 6.5 *De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda*

La incorporación de un reservorio de retención constituye una medida de mitigación ambiental destinada a compensar el incremento del coeficiente de escorrentía producido por la impermeabilización del predio. Mediante el almacenamiento temporal y la descarga controlada de las aguas pluviales, se procura mantener caudales de salida compatibles con las condiciones hidrológicas previas al desarrollo del proyecto, disminuyendo el riesgo de inundaciones y reduciendo el impacto sobre la infraestructura de drenaje existente.

ODS.8 - TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

Meta 8.8 *Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios.*

La playa de estacionamiento incorpora un edificio de servicios destinado a mejorar las condiciones de permanencia de los transportistas durante los tiempos de espera. El proyecto contempla sanitarios, duchas, comedor, espacios de descanso y áreas de circulación seguras, proporcionando un entorno más adecuado para el desarrollo de su actividad laboral. Asimismo, al disponer de un espacio específico para el estacionamiento y la espera de los camiones, se reducen los riesgos asociados a la permanencia de vehículos pesados sobre la vía pública.

ODS.9 - INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA.

Meta 9.1 *Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.*

La playa de estacionamiento constituye una infraestructura logística diseñada para mejorar el funcionamiento del sistema de transporte de cargas asociado a la actividad industrial de Reconquista. Su implantación responde a la necesidad de ordenar la llegada de camiones, evitando la espera sobre la vía pública y reduciendo las interferencias con la circulación urbana.

El proyecto incorpora playas de estacionamiento, calles internas dimensionadas para la circulación de vehículos pesados, sectores de maniobra, accesos diferenciados y un edificio de servicios destinado a satisfacer las necesidades de los transportistas durante los períodos de

espera. En conjunto, estos elementos conforman una infraestructura que mejora las condiciones de seguridad y favorece el desarrollo económico regional al optimizar el transporte.

ODS.11 - CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

***Meta 11.6** De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo*

El proyecto contribuye a disminuir el impacto del transporte pesado sobre el entorno urbano al trasladar las operaciones de espera fuera de la ciudad y organizar el ingreso de los camiones al puerto. Esta medida reduce la congestión vehicular, las emisiones asociadas a recorridos y detenciones innecesarias, y la contaminación sonora generada por el tránsito de vehículos pesados. Además, incorpora medidas de gestión ambiental, como un reservorio de retención para el manejo de las aguas pluviales, minimizando el impacto de la infraestructura sobre el medio físico.

***Meta 11.a** Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.*

La playa de estacionamiento de camiones constituye una infraestructura estratégica que fortalece la vinculación entre las áreas productivas de la región y Reconquista. Su implantación en un sector periurbano, con acceso directo a la red vial principal, permite concentrar las operaciones de espera fuera del tejido urbano, favoreciendo una planificación territorial más eficiente y reduciendo las interferencias entre la actividad logística y la dinámica de la ciudad. De este modo, el proyecto promueve una mejor articulación entre el desarrollo económico regional y la organización del espacio urbano, contribuyendo a un crecimiento más ordenado y sostenible.

7. CONCLUSIONES

El presente Proyecto Final se enfocó en el diseño de una playa de estacionamiento para camiones en la ciudad de Reconquista, provincia de Santa Fe, concebida como una solución a la problemática que genera la circulación y el estacionamiento de vehículos pesados dentro del tejido urbano. La ubicación seleccionada, con acceso desde la Ruta Provincial N° 40 y vinculada estratégicamente con la Ruta Nacional N° 11 y el Puerto de Reconquista, permite mejorar la organización de la actividad logística, favoreciendo un ingreso y egreso ordenado de los camiones y reduciendo las interferencias con el tránsito local.

La propuesta desarrollada integra criterios de ingeniería vial, hidráulica, estructural y arquitectónica, dando lugar a una infraestructura funcional que responde a las necesidades de los transportistas. El diseño contempla sectores de estacionamiento, circulaciones internas adaptadas a vehículos de gran porte, edificio de servicios, áreas de descanso y espacios verdes, configurando un predio que no solo optimiza la operación logística, sino que también mejora las condiciones de permanencia de los conductores y promueve un entorno más seguro y confortable.

Desde el punto de vista vial, el proyecto prioriza la seguridad y la eficiencia operacional mediante un adecuado diseño geométrico de los accesos, el análisis de las maniobras de los vehículos de diseño y el dimensionamiento de pavimentos acorde a las solicitudes previstas..

En cuanto al aspecto hidráulico, la incorporación de un sistema de captación y conducción de excedentes pluviales hacia un reservorio de retención permite controlar los caudales generados por el desarrollo del predio, reduciendo el riesgo de inundaciones y evitando sobrecargar la infraestructura existente. Asimismo, la incorporación de amplios espacios verdes contribuye a la integración del conjunto y acompaña una planificación más sostenible.

Es importante destacar que el presente trabajo fue desarrollado a nivel de **ingeniería básica**, por lo que su alcance estuvo orientado a definir y fundamentar las principales soluciones técnicas adoptadas para el proyecto. En este sentido, constituye una base sólida para el desarrollo de una futura etapa de proyecto ejecutivo, en la que deberán profundizar aspectos tales como los estudios geotécnicos específicos, el diseño detallado de las estructuras y fundaciones, las instalaciones, la señalización definitiva, las especificaciones constructivas, el cómputo y presupuesto ejecutivo, y la planificación de la obra.

Finalmente, el desarrollo de este Proyecto Final permitió integrar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en una propuesta de ingeniería aplicada a una problemática real de infraestructura y logística. Asimismo, se logró comprender lo que implica abordar una problemática desde sus etapas iniciales, analizando distintas alternativas y fundamentando la elección de la más adecuada. Este proceso brindó una primera visión de lo que implica llevar a

cabo un proyecto desde una perspectiva integral, considerando aspectos técnicos, ambientales y sociales. Además, es importante destacar la importancia del trabajo en equipo como factor clave para lograr un desempeño eficaz y coherente a lo largo de todas las etapas del proyecto.

En este sentido, se considera que la eventual materialización de la playa de estacionamiento proyectada constituiría un aporte significativo para el ordenamiento del transporte de cargas en Reconquista, mejorando la seguridad vial, optimizando la operación logística y acompañando el crecimiento productivo de la región.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (7th ed.). AASHTO.
- [2] Braja M. Das. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering* (9th ed.). Cengage Learning.
- [3] Briaud, J. L. (2013). *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- [4] Consejo Municipal de Reconquista. (2003). *Ordenanza N.º 4904/03. Reglamento de Edificación de la Ciudad de Reconquista*.
- [5] Consejo Municipal de Reconquista. (s.f.). *Ordenanza sobre Líneas, Aceras y Cercas*.
- [6] Dirección Nacional de Vialidad. (1995). *Decreto N.º 779/1995. Reglamentación de la Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449. Anexo R*.
- [7] Dirección Nacional de Vialidad. (2018). *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*.
- [8] Dirección Nacional de Vialidad. (s.f.). *Capítulo 5. Intersecciones*. En *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*.
- [9] Escuela de Ingeniería de Caminos de Montaña, Universidad Nacional de San Juan. (s.f.). *Atlas. Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*.
- [10] Federal Highway Administration. (2022). *Truck Parking Development Handbook*. U.S. Department of Transportation.
- [11] Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) & Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). (2005). *Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras (INPRES-CIRSOC 101)*.
- [12] Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) & Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). (2005). *Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones (INPRES-CIRSOC 102)*.
- [13] Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) & Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). (2005). *Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón (INPRES-CIRSOC 201)*.
- [14] Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) & Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC). (2018). *Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios (INPRES-CIRSOC 301)*.
- [15] Instituto del Cemento Portland Argentino. (s.f.). *Manual de Diseño de Pavimentos Rígidos*.
- [16] Jiménez Montoya, P., García Meseguer, A., & Morán Cabré, F. (2010). *Hormigón Armado*. [Volver al índice](#)

[17] Inga. Luque, A. (2021). *Vialidad Especial. Intersecciones*.

[18] Municipalidad de Reconquista. (s.f.). *Plan de Ordenamiento Ambiental*.

[19] Provincia de Santa Fe. (2011). *Resolución Provincial N.º 319/2011*.

[20] Sivakugan, N., & Das, B. M. (2022). *Principles of Foundation Engineering* (9th ed.). Cengage Learning.

[21] Vialidad Nacional. (s.f.). *Dirección Nacional de Vialidad*.

[22] Zamboni, R. (2021). *Estructuras de Hormigón: Estados Límite de Servicio (ELS) y Estados Límite Últimos (ELU)*.

9. PLANOS

Planos generales:

Plano 01 - Ubicación del Proyecto

[Ítem 3](#)

Plano 02 - Layout general

[Ítem 4.1](#)

Planos viales:

Plano 03.1 - Diseño de intersección

[Ítem 4.4](#)

Plano 03.2 - Diseño geométrico de la circulación

[Ítem 4.3](#)

Plano 03.3 - Diseño de perfiles tipo de obra básica

[Ítem 4.3](#)

Plano 03.4 - Diseño de juntas de pavimento rígido

[Ítem 5.4.4](#)

Plano 03.5 - Perfiles tipo de pavimento

[Ítem 4.5](#)

Planos de arquitectura:

Plano 04.1 - Vista en planta 1:200

[Ítem 5.5.1](#)

Plano 04.2 - Vista en planta y dimensiones 1:100

[Ítem 5.5.1](#)

Plano 04.3 - Vistas y cortes 1:200

[Ítem 5.5](#)

Planos de Hidrología e Hidráulica:

Plano 05.1 - Escurrimientos internos

[Ítem 5.1.2](#)

Plano 05.2 - Cuencas internas

[Ítem 5.1.2](#)

Plano 05.3 - Diseño de vertedero

[Ítem 5.1.6](#)

Plano 05.4 - Plano Tipo O-41211-I

[Ítem 5.1.7](#)

Planos de estructura metálica y fundaciones:

Plano 06.1 - Planta unifilar - Estructura principal

[Ítem 5.6.2](#)

Plano 06.2 - Planta unifilar - Correas

[Ítem 5.6.2](#)

Plano 06.3 - Vistas - Estructura principal

[Ítem 5.6.2](#)

Plano 06.4 - Plano de cabezales

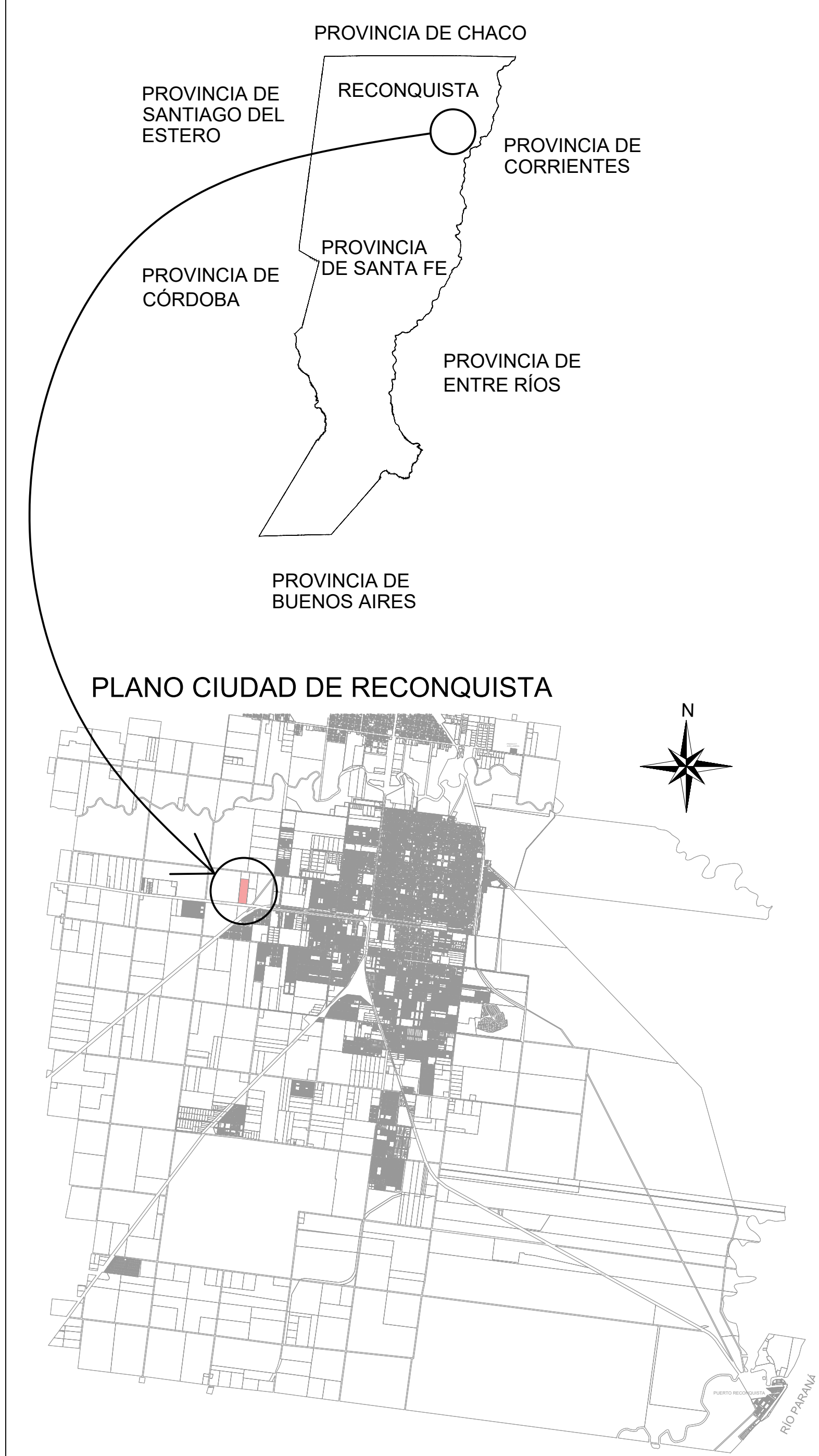
[Ítem 5.6.3](#)

Plano 06.5 - Plano de pilotes y detalles de armadura

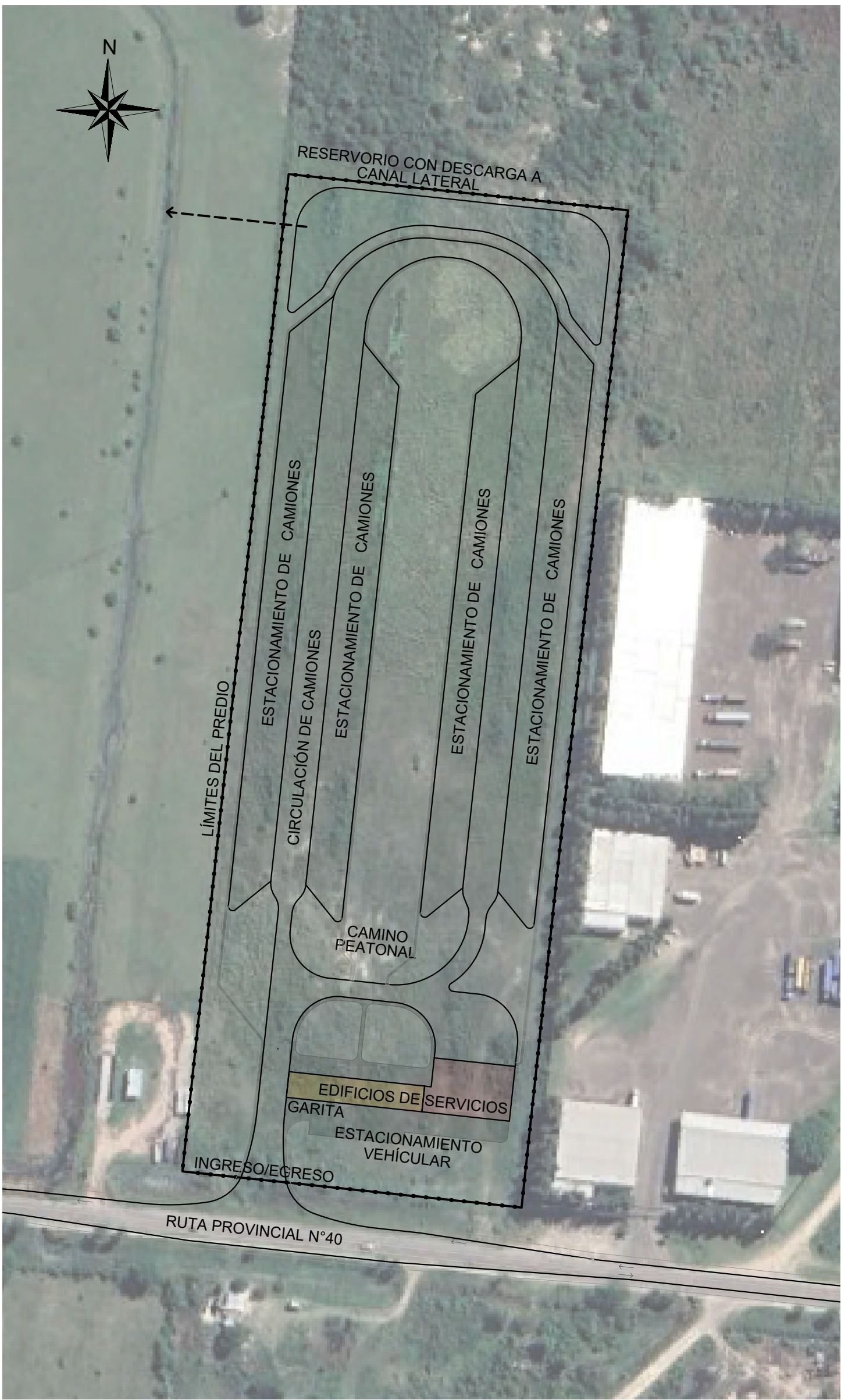
[Ítem 5.6.3](#)

9. PLANOS

UBICACIÓN ÁREA EN ESTUDIO



DETALLE ZONA A INTERVENIR



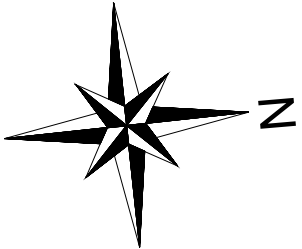
LISTADO DE PLANOS

- PLANOS GENERALES
- PLANO 01 - UBICACIÓN DEL PROYECTO
 - PLANO 02 - LAYOUT GENERAL
- PLANOS VIALES
- PLANO 03.1 - DISEÑO DE INTERSECCIÓN
 - PLANO 03.2 - DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CIRCULACIÓN
 - PLANO 03.3 - DISEÑO DE PERFILES TIPO DE OBRA BÁSICA
 - PLANO 03.4 - DISEÑO DE JUNTAS DE PAVIMENTO RÍGIDO
 - PLANO 03.5 - PERFILES TIPO DE PAVIMENTO
- PLANOS DE ARQUITECTURA
- PLANO 04.1 - VISTA EN PLANTA 1:200
 - PLANO 04.2 - VISTA EN PLANTA Y DIMENSIONES 1:100
 - PLANO 04.3 - FACHADA Y CORTES 1:200
- PLANOS DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA
- PLANO 05.1 - ESCURRIMIENTOS INTERNOS
 - PLANO 05.2 - CUENCAS INTERNAS
 - PLANO 05.3 - DISEÑO DE VERTEDERO
 - PLANO 05.4 - PLANO TIPO O-41211-I
- PLANOS DE ESTRUCTURA METÁLICA Y FUNDACIONES:
- PLANO 06.1 - PLANTA UNIFILAR - ESTRUCTURA PRINCIPAL
 - PLANO 06.2 - PLANTA UNIFILAR - CORREAS
 - PLANO 06.3 - VISTAS - ESTRUCTURA PRINCIPAL
 - PLANO 06.4 - PLANO DE CABEZALES
 - PLANO 06.5 - PLANO DE PILOTES Y DETALLES DE ARMADURA

		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA				
PLANO: UBICACIÓN DEL PROYECTO				
PLANO N°: 01	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026		
		ESCALA: Varias		INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO

LAYOUT GENERAL

ESCALA 1:1000



CANAL LINDERO

LAVADERO

Descarga a canal vecino

LÍMITES DEL PREDIO

CAMINO PEATONAL

DARSENAS DE ESTACIONAMIENTO

RESERVORIO

INGRESO/EGRESO

GARITA

CIRCULACIÓN DE CAMIONES

DARSENAS DE ESTACIONAMIENTO

CAMINO PEATONAL

DARSENAS DE ESTACIONAMIENTO

CIRCULACIÓN DE CAMIONES

DARSENAS DE ESTACIONAMIENTO

CAMINO PEATONAL

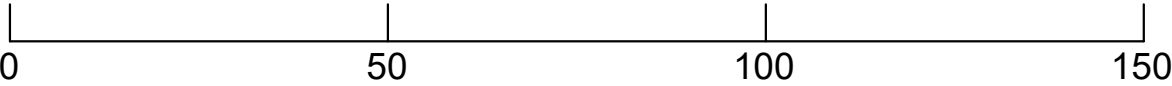
RUTA PROVINCIAL N°40

ESTACIONAMIENTO VEHICULAR

EDIFICIO DE SERVICIOS A LOS TRANSPORTISTAS

SERVICIOS AL TRANSPORTE

ANDREANI



ZONA URBANIZADA

RUTA A BARROS PASOS



PROYECTO IV

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA

INTEGRANTES:
FABRIZIO, MAYLEN
NARDELLI, LORENZO
ROBERTTI, GUIDO
TOSTI, IGNACIO

PLANO: LAYOUT GENERAL DEL PROYECTO

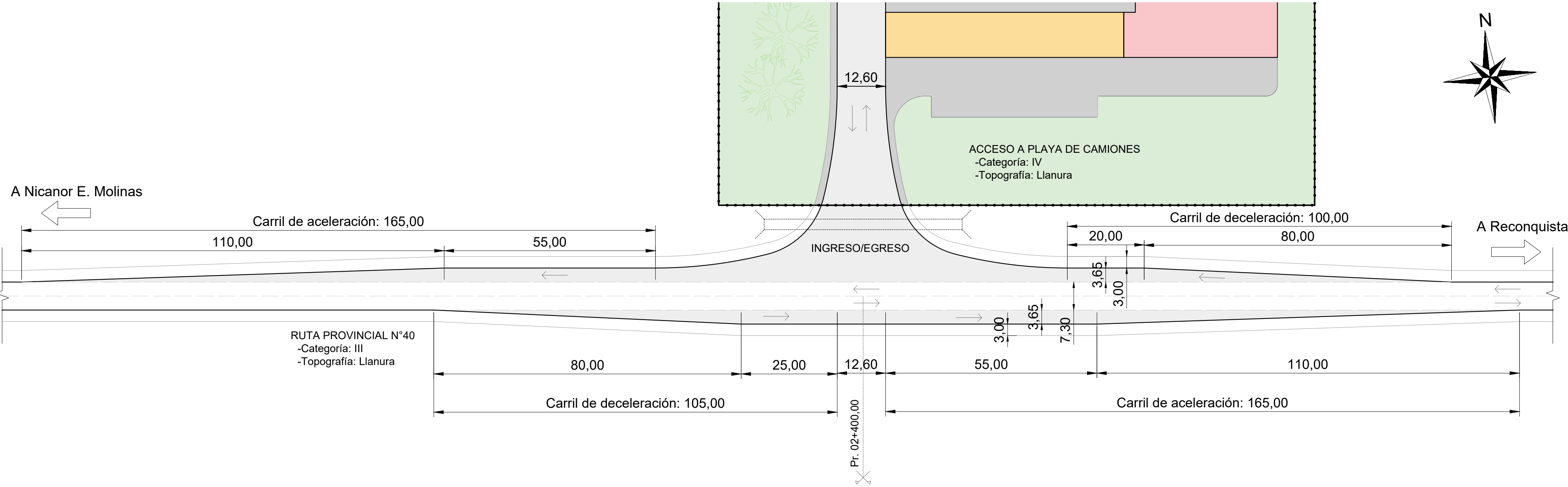
PLANO N°:
02

REVISIÓN:
03

FECHA: 21/07/2026
ESCALA: 1:1000

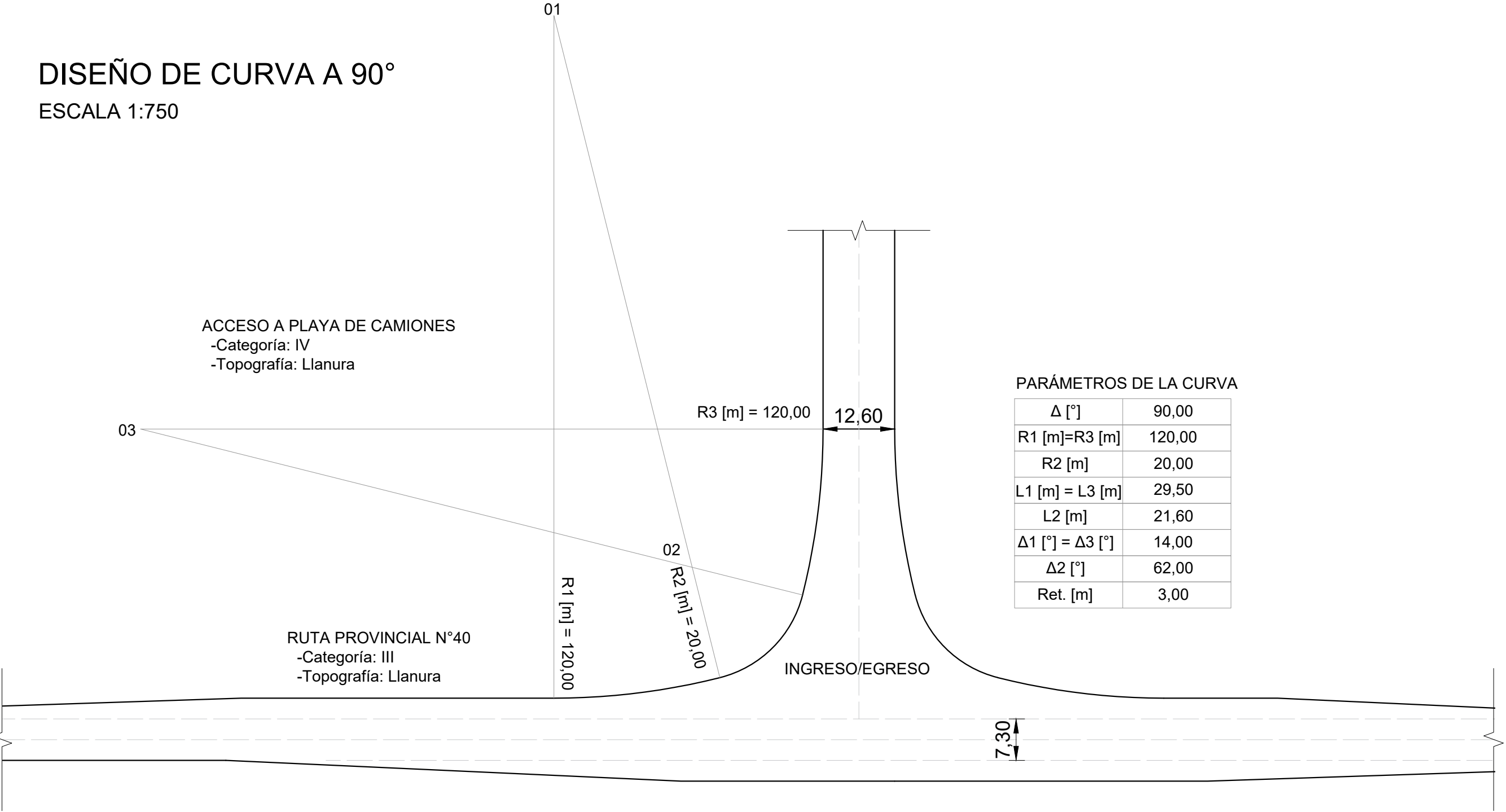
CARRILES DE ACCESO AL PREDIO

ESCALA 1:750



DISEÑO DE CURVA A 90°

ESCALA 1:750



PARÁMETROS DE LA CURVA

Δ [°]	90,00
R1 [m]=R3 [m]	120,00
R2 [m]	20,00
L1 [m] = L3 [m]	29,50
L2 [m]	21,60
$\Delta 1$ [°] = $\Delta 3$ [°]	14,00
$\Delta 2$ [°]	62,00
Ret. [m]	3,00

Nota: Medidas expresadas en metros.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PROYECTO IV

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA

PLANO: DISEÑO DE INTERSECCIÓN

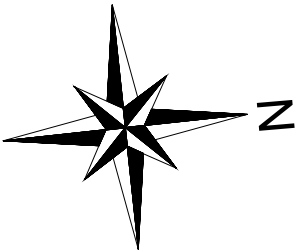
PLANO N°:
03

REVISIÓN:
03

FECHA: 21/07/2026
ESCALA: 1:750

INTEGRANTES:
FABRIZIO, MAYLEN
NARDELLI, LORENZO
ROBERTTI, GUIDO
TOSTI, IGNACIO

PLANTA - DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CIRCULACIÓN
ESCALA 1:1000



RUTA PROVINCIAL N°40

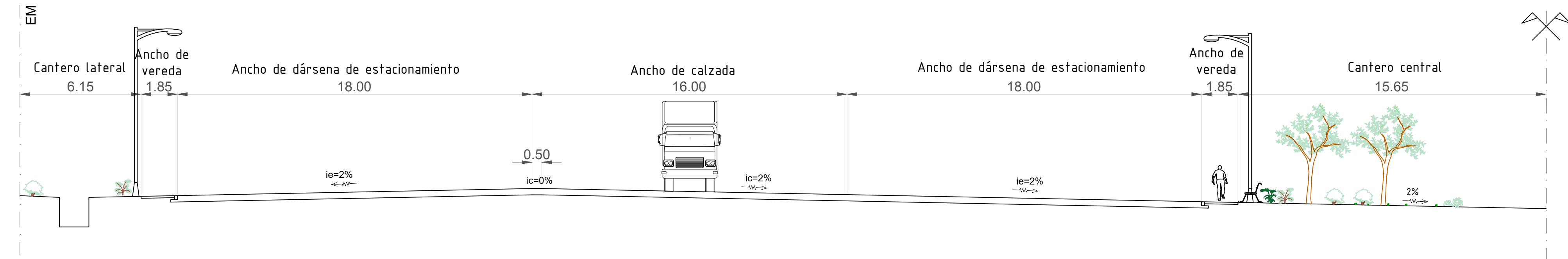
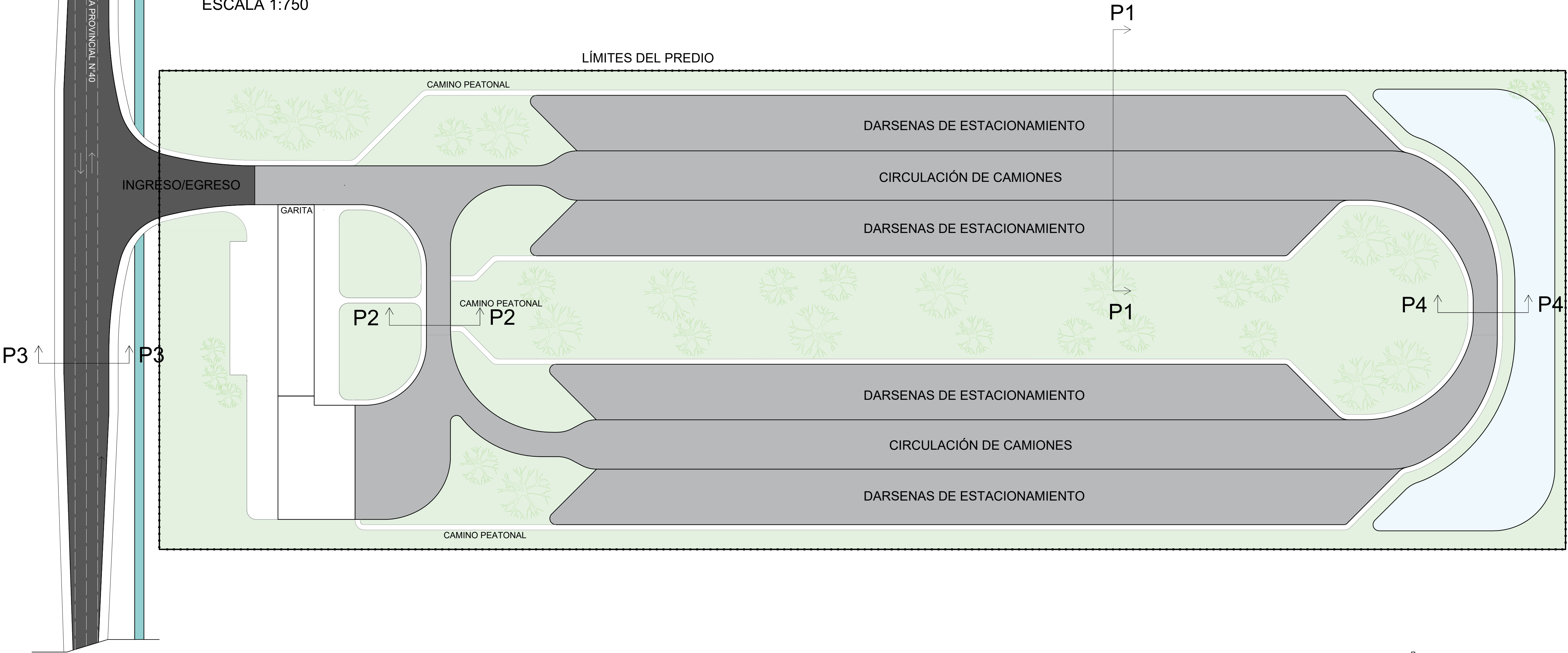
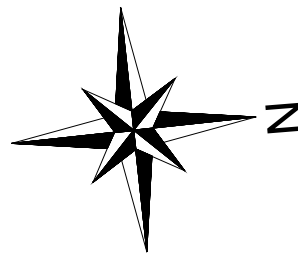


REFERENCIAS:
← Sentidos de circulación

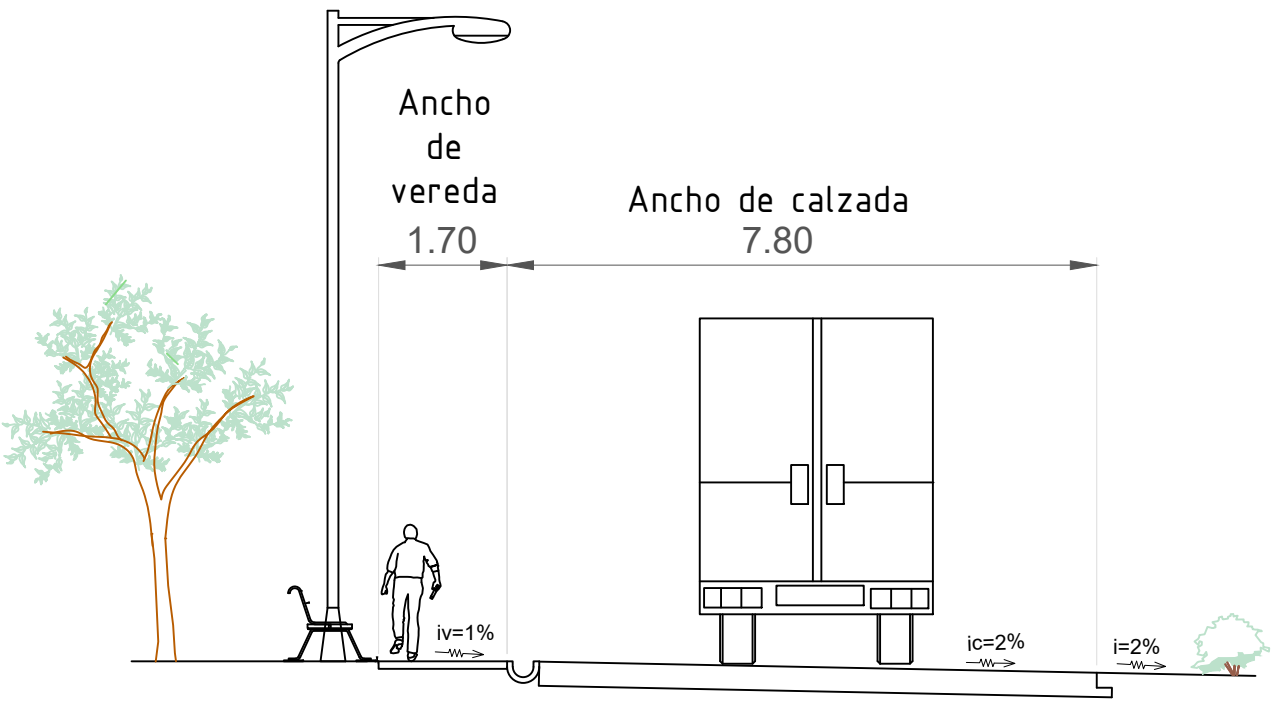
Nota: Medidas expresadas en metros.

 PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO 		
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA		
PLANO: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CIRCULACIÓN		
PLANO N°: 03.2	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026 ESCALA: 1:1000

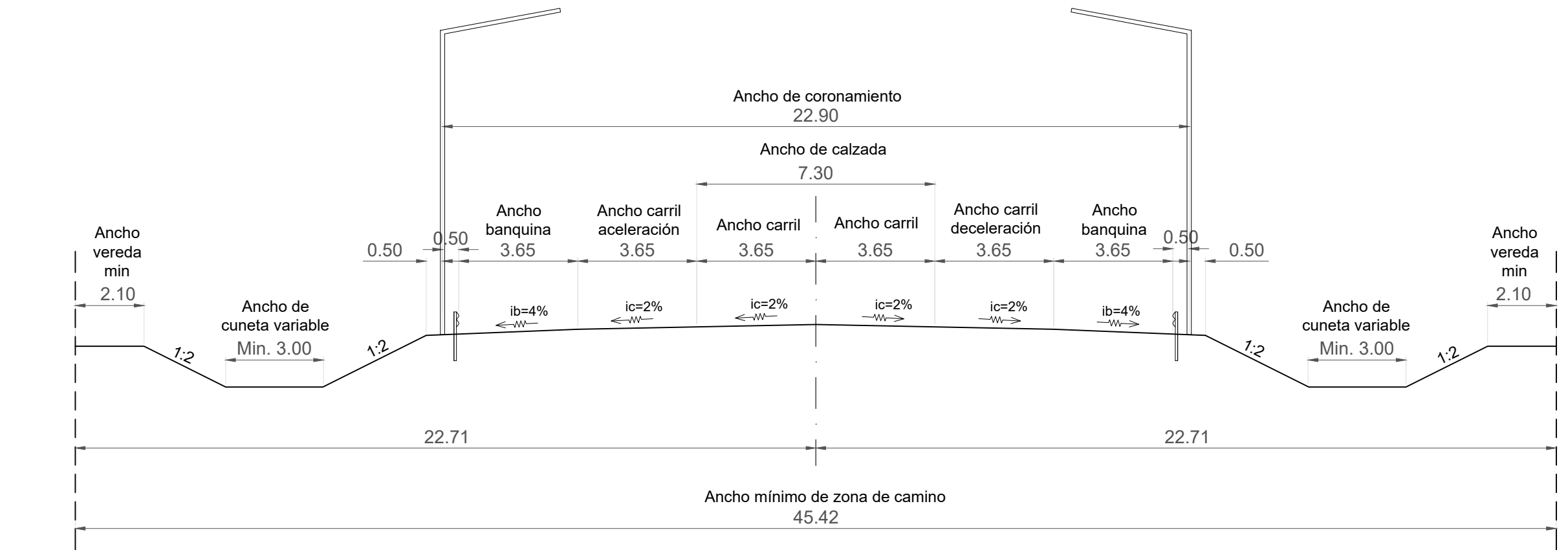
PLANTA
ESCALA 1:750



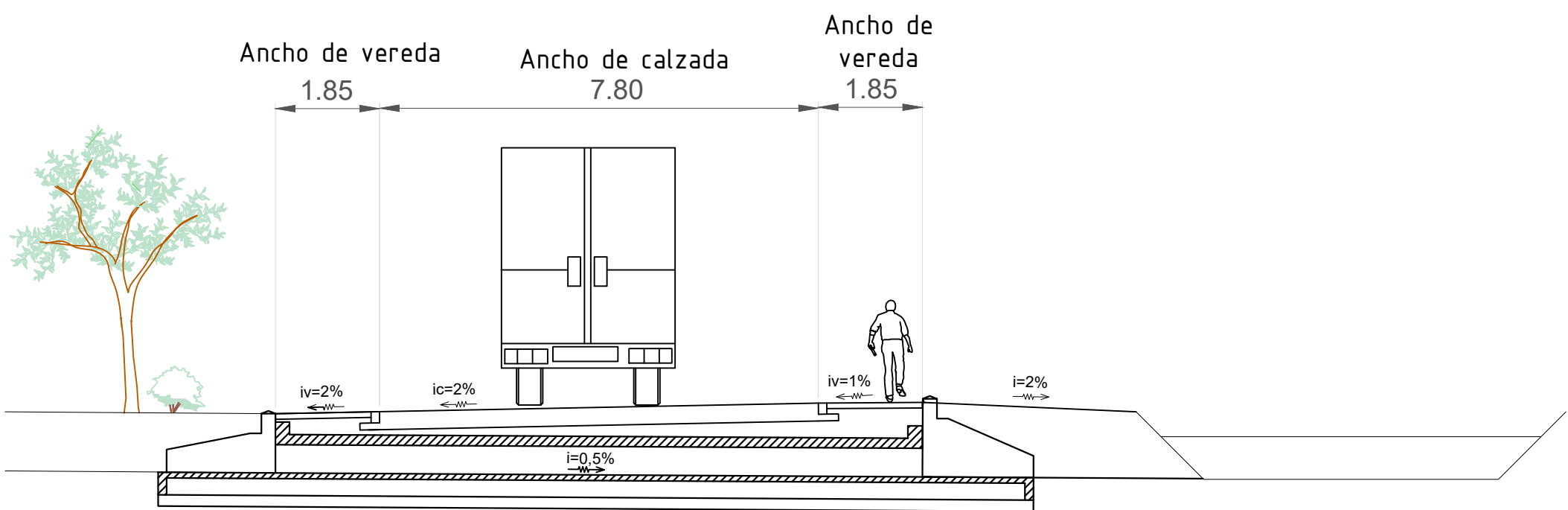
PERFIL P1 - Escala 1:150



PERFIL P2 - Escala 1:100



PERFIL P3 - Escala 1:150



PERFIL P4 - Escala 1:100

Alcantarilla de H*A° tipo "C" con platea según PLANO TIPO 0-41211-I
L = 1,50m ; H = 0,50m ; J = 11,60m ; pte = 0,5% ; $\alpha = 90^\circ$

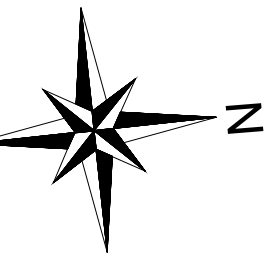
Nota: Medidas expresadas en metros.

			PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA					
PLANO: PERFILES TIPO DE OBRA BÁSICA					
PLANO N°: 03.3	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026 ESCALA: Indicadas			
		INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO			

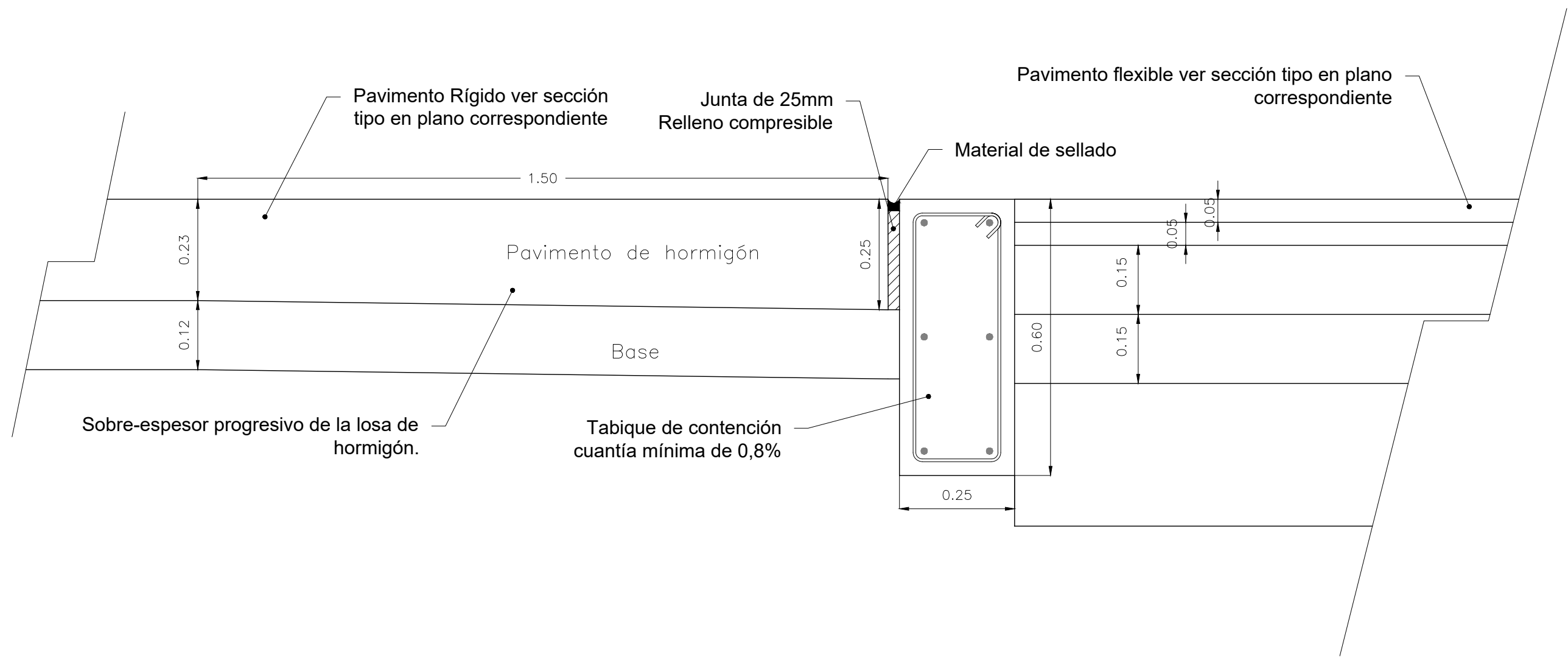
LÍMITES DEL PREDIO

PLANTA
ESCALA 1:500

ACCESO
PAV. ASFÁLTICO



DETALLE JUNTA ENTRE PAV RÍGIDO Y PAV. FLEXIBLE
ESCALA 1:10



REFERENCIAS

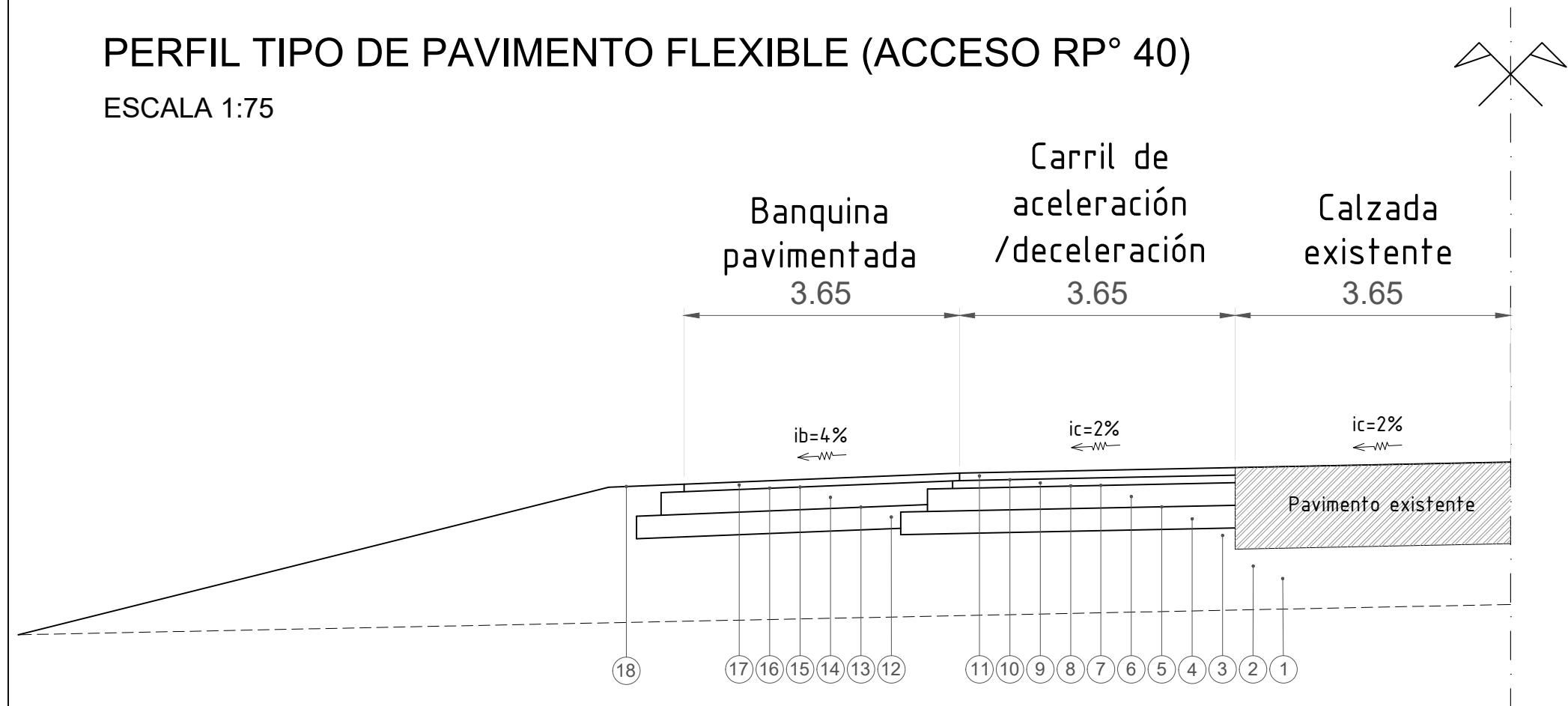
- Tipo A-1. Junta Transversal de contracción con pasadores
- Tipo C-1. Junta Longitudinal de contracción o articulación con barras de unión
- Tipo D-2. Junta longitudinal de construcción o ensamblada de bordes libres
- Tipo E. Junta transversal de dilatación o expansión.
- Losa Tabique contra Calzada de Pavimento Asfáltico o no Pavimentada
- Losa Armada Malla Fe Ø8mm.(15x15) en el plano medio de la junta

Nota: Medidas expresadas en metros.

		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO			
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA					
PLANO: DISEÑO DE JUNTAS DE PAVIMENTO RÍGIDO					
PLANO N°: 03.4	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026	INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO		
ESCALA: Indicadas					

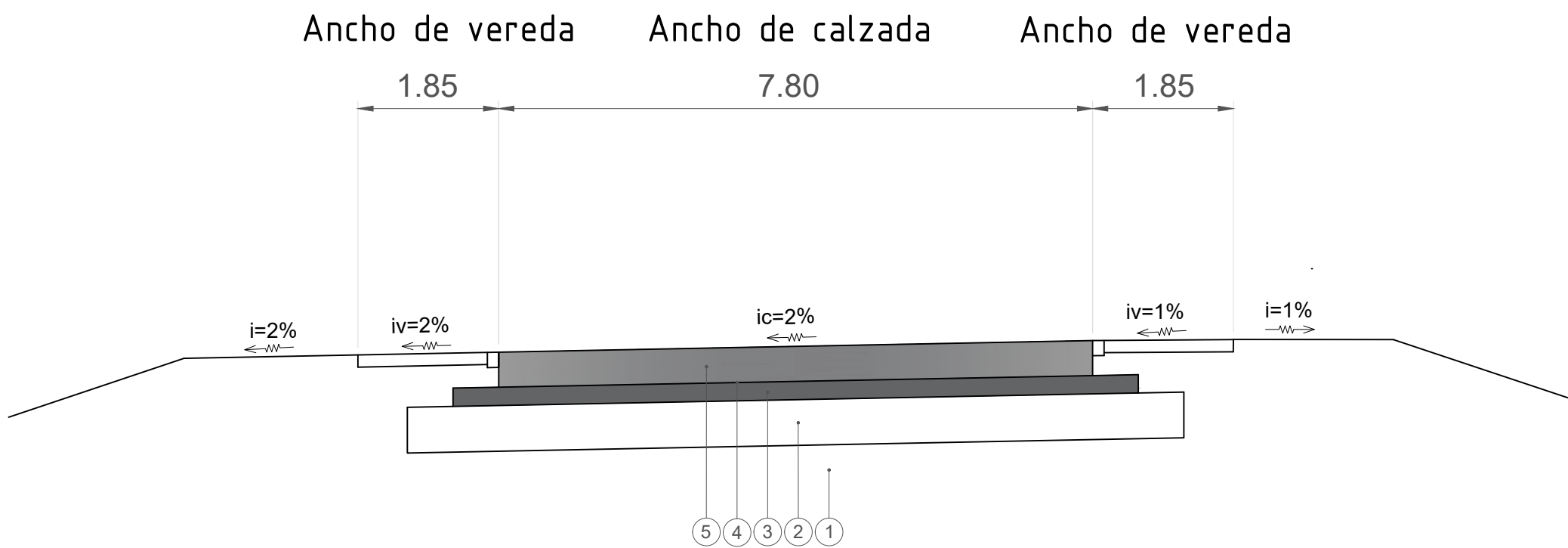
PERFIL TIPO DE PAVIMENTO FLEXIBLE (ACCESO RP° 40)

ESCALA 1:75



PERFIL TIPO DE PAVIMENTO RÍGIDO

ESCALA 1:75



- 1— Compactación de la base de asiento del terraplén, en 30cm de espesor y en ancho variable.
- 2— Perfil en terraplén. Núcleo con compactación especial s/ especificaciones técnicas. Perfil en desmonte. Preparación de la subrasante.
- 3— Subrasante de suelo del lugar tratada con cal.
- 4— Sub-base de suelo cal en 0,15m de espesor y 4,10m de ancho.
- 5— Riego de curado con emulsión asfáltica a razón de 0,35kg/m² en 4,10m de ancho.
- 6— Base de estabilizado granular en 0,15m de espesor y 3,90m de ancho.
- 7— Riego de imprimación con emulsión asfáltica a razón de 0,50kg/m² en 3,90m de ancho.
- 8— Riego de liga con emulsión asfáltica a razón de 0,35kg/m² en 3,70m de ancho.
- 9— Base de mezcla asfáltica CAC D19 B CA30 en 0,05m de espesor y 3,70m de ancho.
- 10— Riego de liga con emulsión asfáltica a razón de 0,35kg/m² en 3,65m de ancho.
- 11— Carpeta de rodamiento de mezcla asfáltica CAC D19 R CA30 en 0,05m de espesor y 3,65m de ancho.
- 12— Sub-base de suelo cal en 0,15m de espesor y 4,05m de ancho.
- 13— Riego de curado con emulsión asfáltica a razón de 0,35kg/m² en 4,05m de ancho.
- 14— Base estabilizado granular en 0,15m de espesor y 3,85m de ancho.
- 15— Riego de imprimación con emulsión asfáltica a razón de 0,50kg/m² en 3,85m de ancho.
- 16— Riego de liga con emulsión asfáltica a razón de 0,35kg/m² en 3,65m de ancho.
- 17— Capa de rodamiento de mezcla asfáltica CAC D19 R CA30 en 0,05m de espesor y 3,65m de ancho.
- 18— Banquina de suelo común

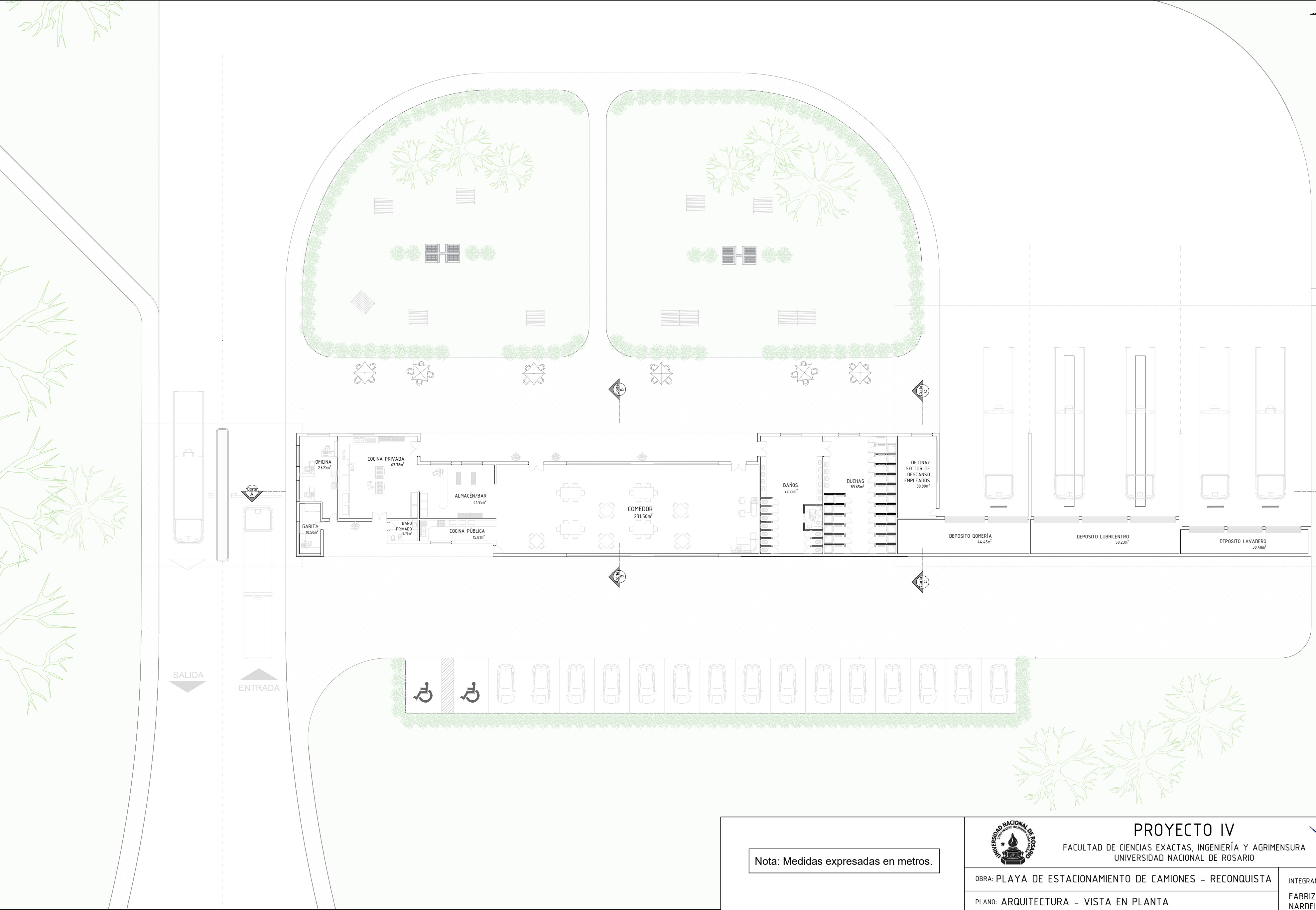
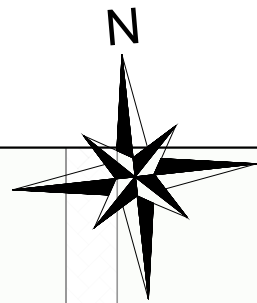
- 1— Suelo para terraplenes con compactacion especial.
- 2— Subrasante de suelo del lugar tratado con cal en 0,30m de espesor y 10,20m de ancho.
- 3— Subbase antibombeo de hormigón pobre tipo H-8 en 0,12m de espesor y 9,00m de ancho.
- 4— Membrana impermeable de polietileno de alta densidad (250 micrones), en 7,8m de ancho.
- 5— Losa de Hormigón de Cemento Pórtland tipo Hp 4.7, en 0,23m de espesor y 7,8m de ancho.

Nota: Medidas expresadas en metros.

		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO			
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA				INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO	
PLANO: PERFILES TIPO DE PAVIMENTO					
PLANO N°: 03.5	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026			
		ESCALA: 1:75			

VISTA EN PLANTA DEL INGRESO

ESCALA 1:250



Nota: Medidas expresadas en metros.



PROYECTO IV

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA

PLANO: ARQUITECTURA - VISTA EN PLANTA

PLANO N°:
04.1

REVISIÓN:
03

FECHA: 21/07/2026
ESCALA: 1:250

INTEGRANTES:
FABRIZIO, MAYLEN
NARDELLI, LORENZO
ROBERTTI, GUIDO
TOSTI, IGNACIO

ESCALA 1:200



ESCALA 1:200



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA

PLANO: ARQUITECTURA - VISTA EN PLANTA Y DIMENSIONES

PLANO N°:

04.2

REVISIÓN:

03

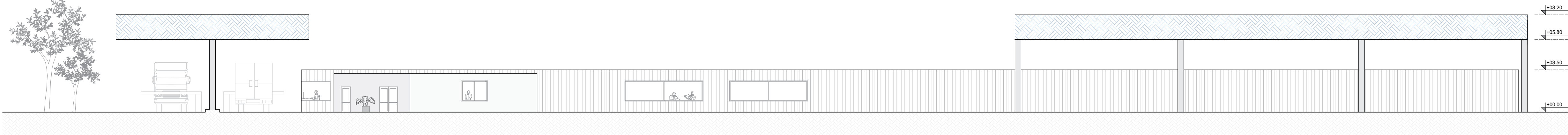
FECHA: 21/07/2026

ESCALA: 1:200

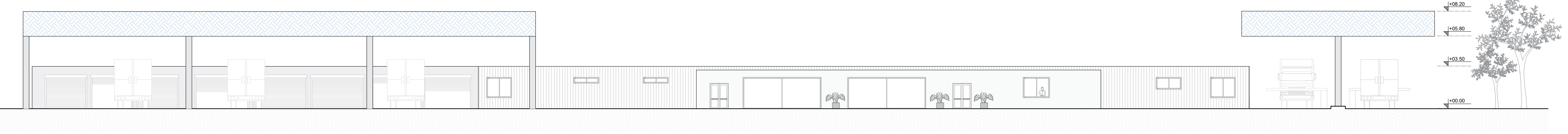
INTEGRANTES:

FABRIZIO, MAYLEN
NARDELLI, LORENZO
ROBERTTI, GUIDO
TOSTI, IGNACIO

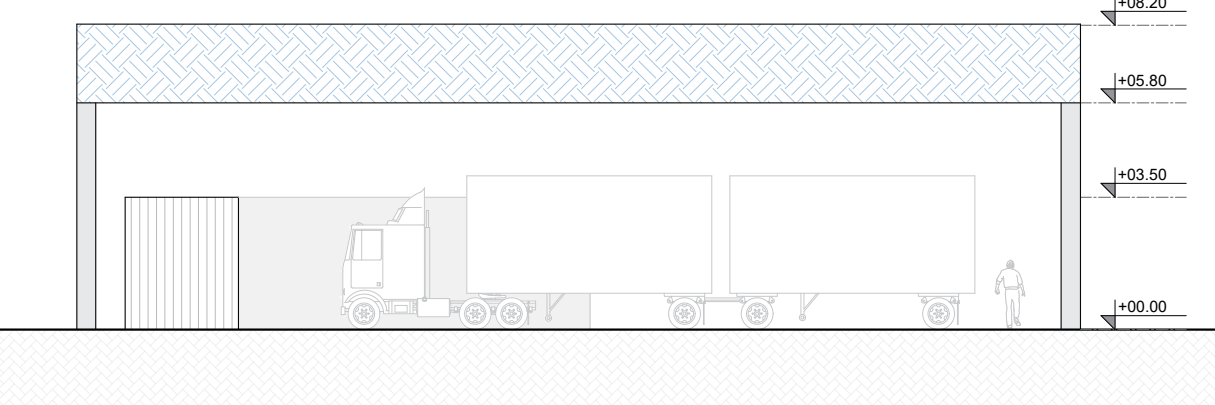
FACHADA SUR
ESCALA 1:200



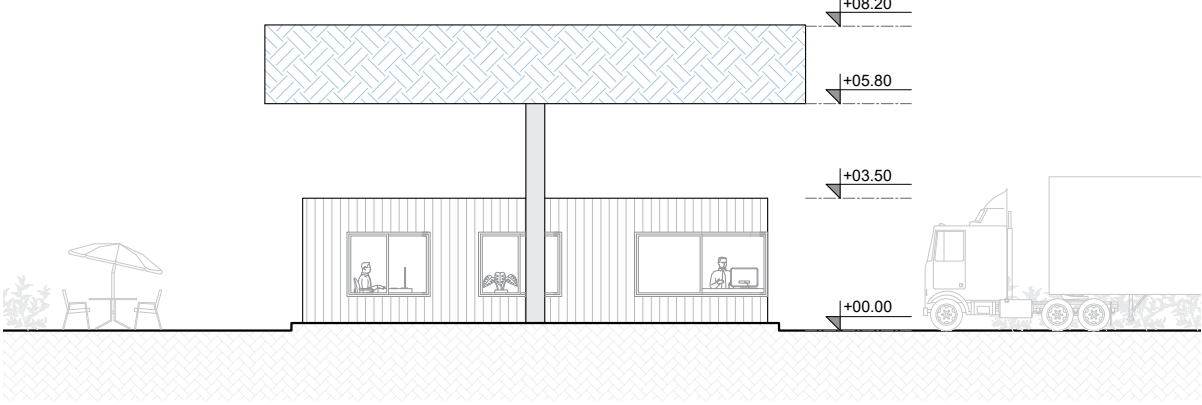
FACHADA NORTE
ESCALA 1:200



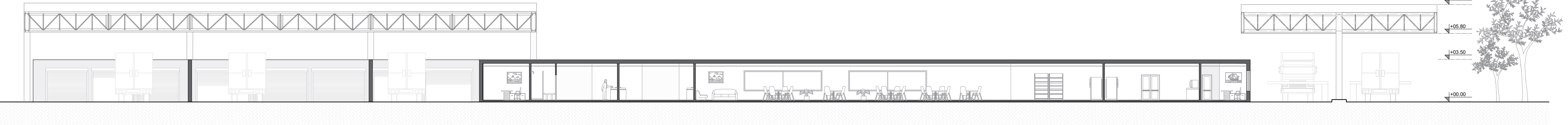
FACHADA ESTE
ESCALA 1:200



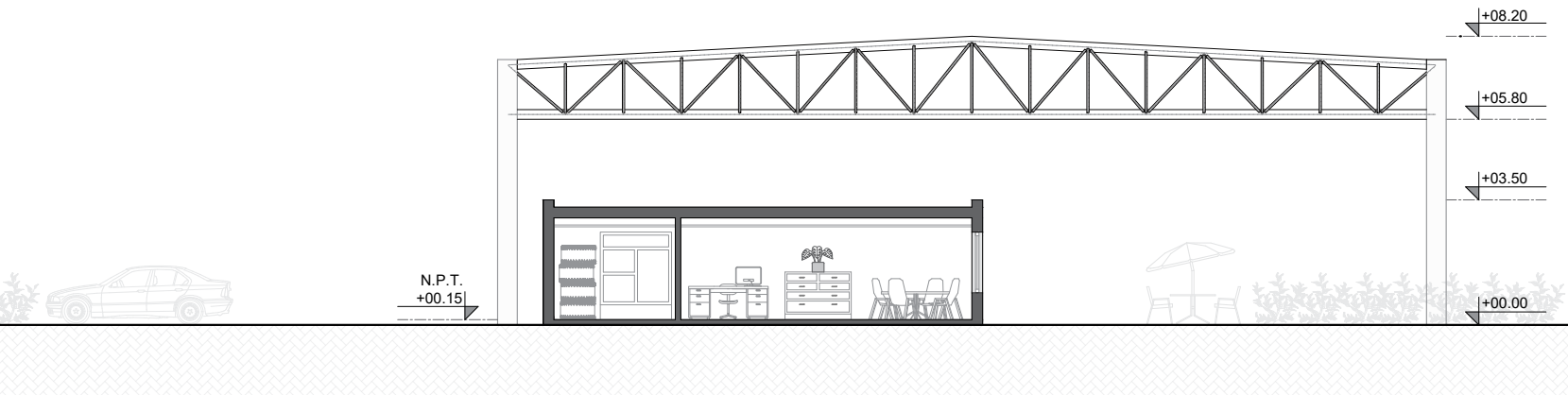
FACHADA OESTE
ESCALA 1:200



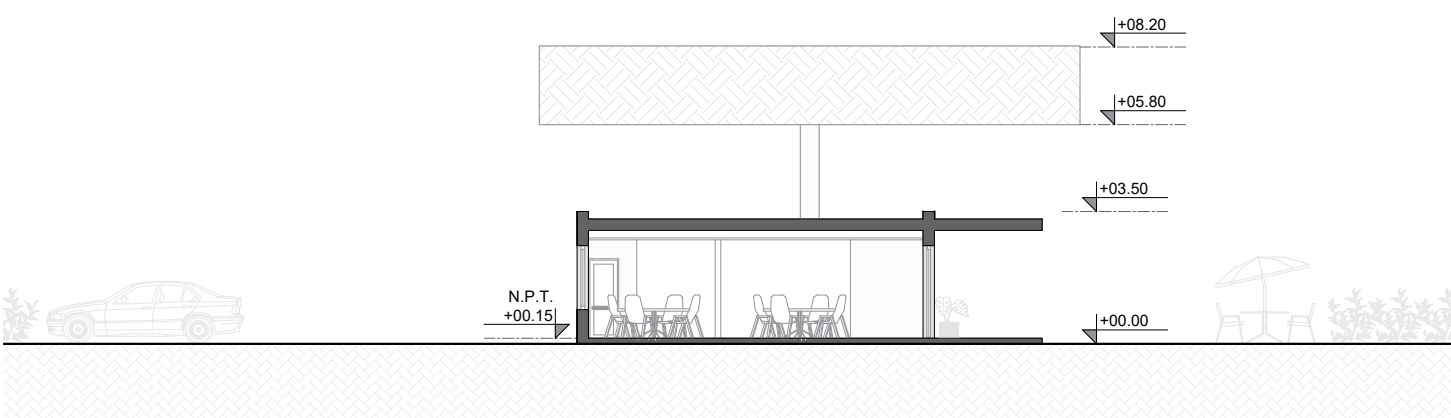
CORTE A-A
ESCALA 1:200



CORTE C-C
ESCALA 1:200



CORTE B-B
ESCALA 1:200



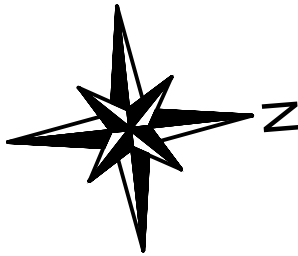
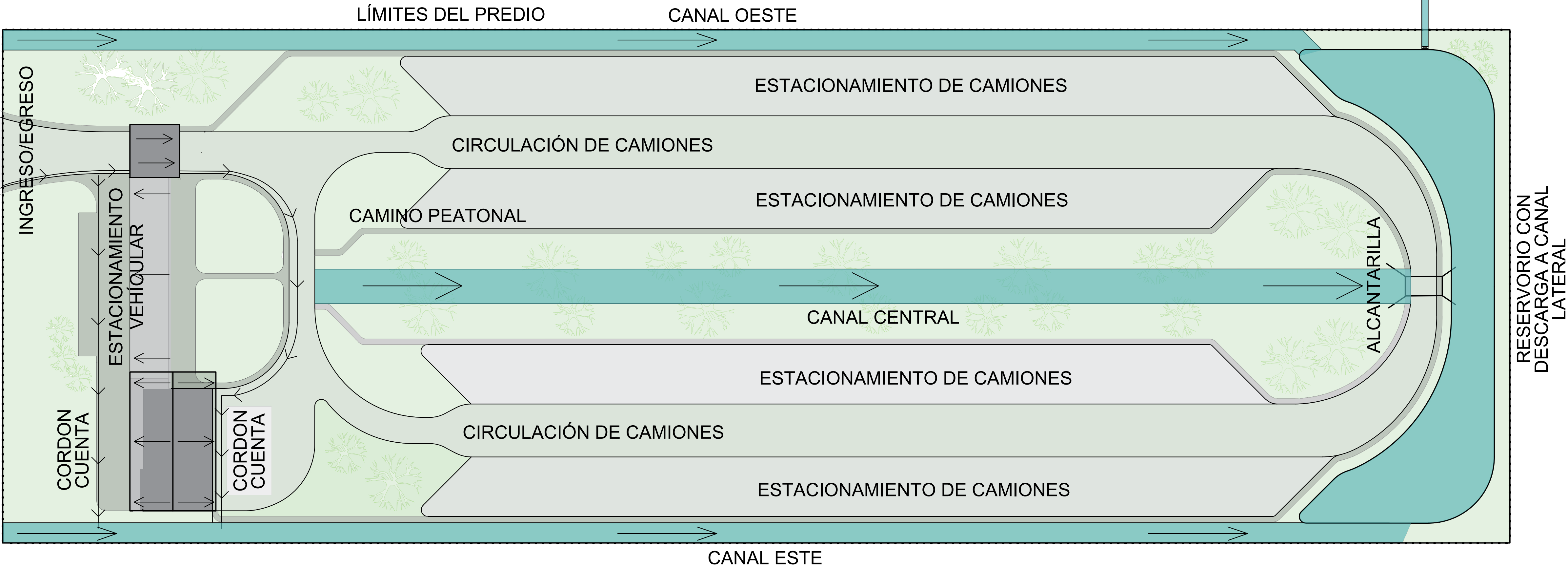
Nota: Medidas expresadas en metros.

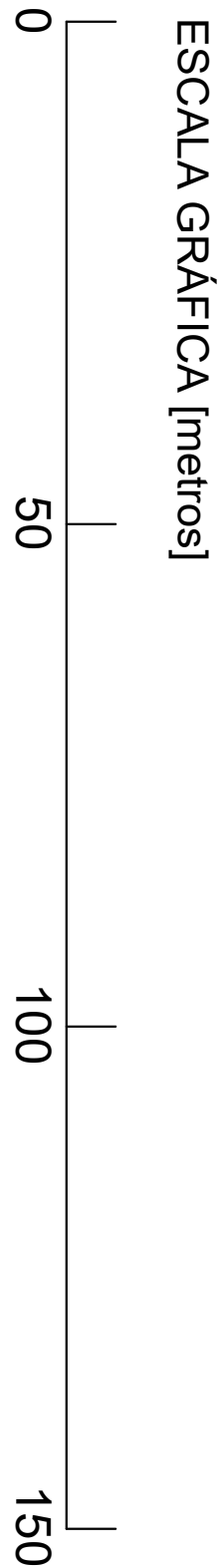
		PROYECTO IV		
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA				
PLANO: ARQUITECTURA - VISTAS Y CORTES				
PLANO N°: 04.3	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026		
		ESCALA: 1:200		
INTEGRANTES:				FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO

ESCALA GRÁFICA [metros]

0 50 100 150

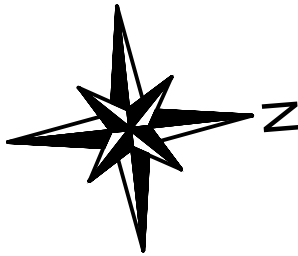
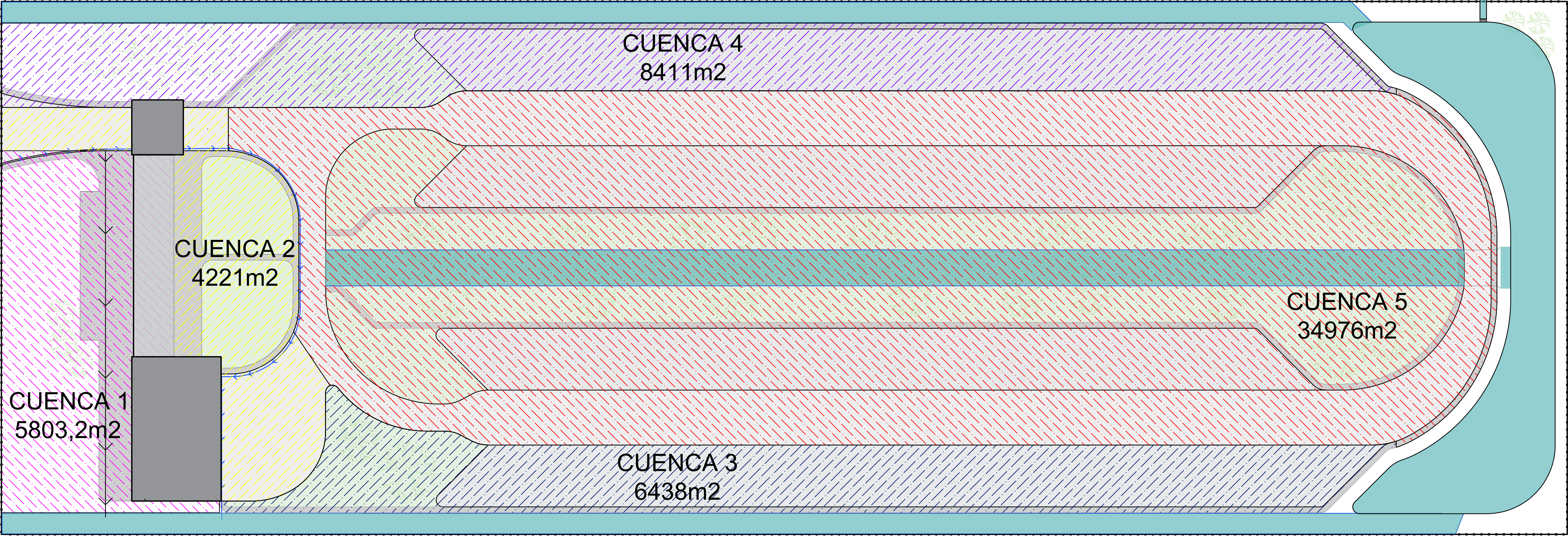
RUTA PROVINCIAL N°40





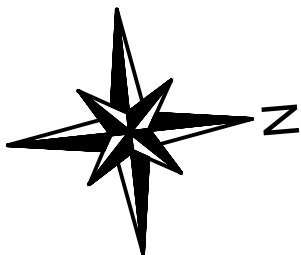
RUTA PROVINCIAL N°40

INGRESO/EGRESO



		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO			
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA				INTEGRANTES:	
PLANO: CUENCAS INTERNAS				FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO	
PLANO N°: 05.2	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026			
		ESCALA: 1:750			

ESCALA 1:300

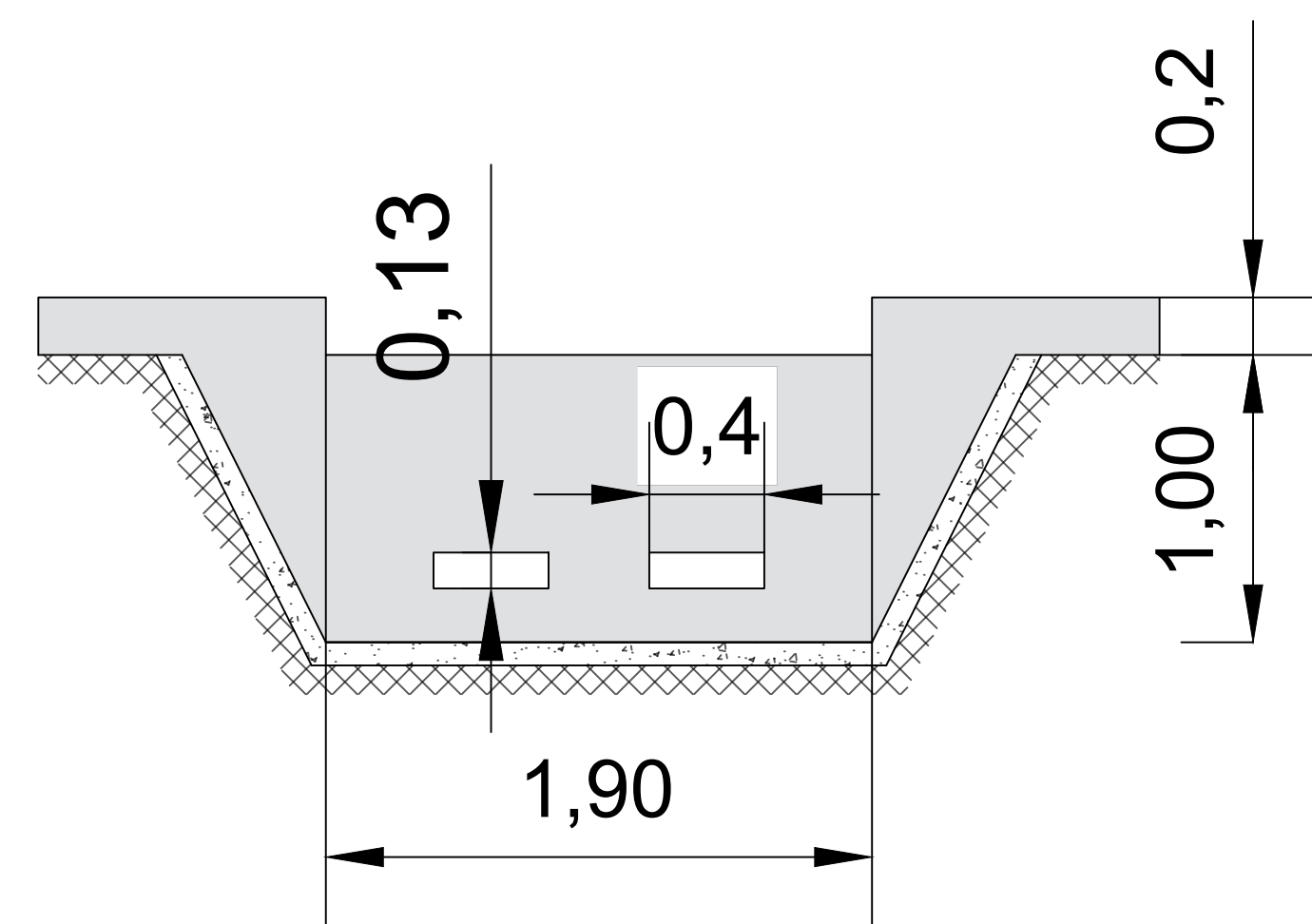


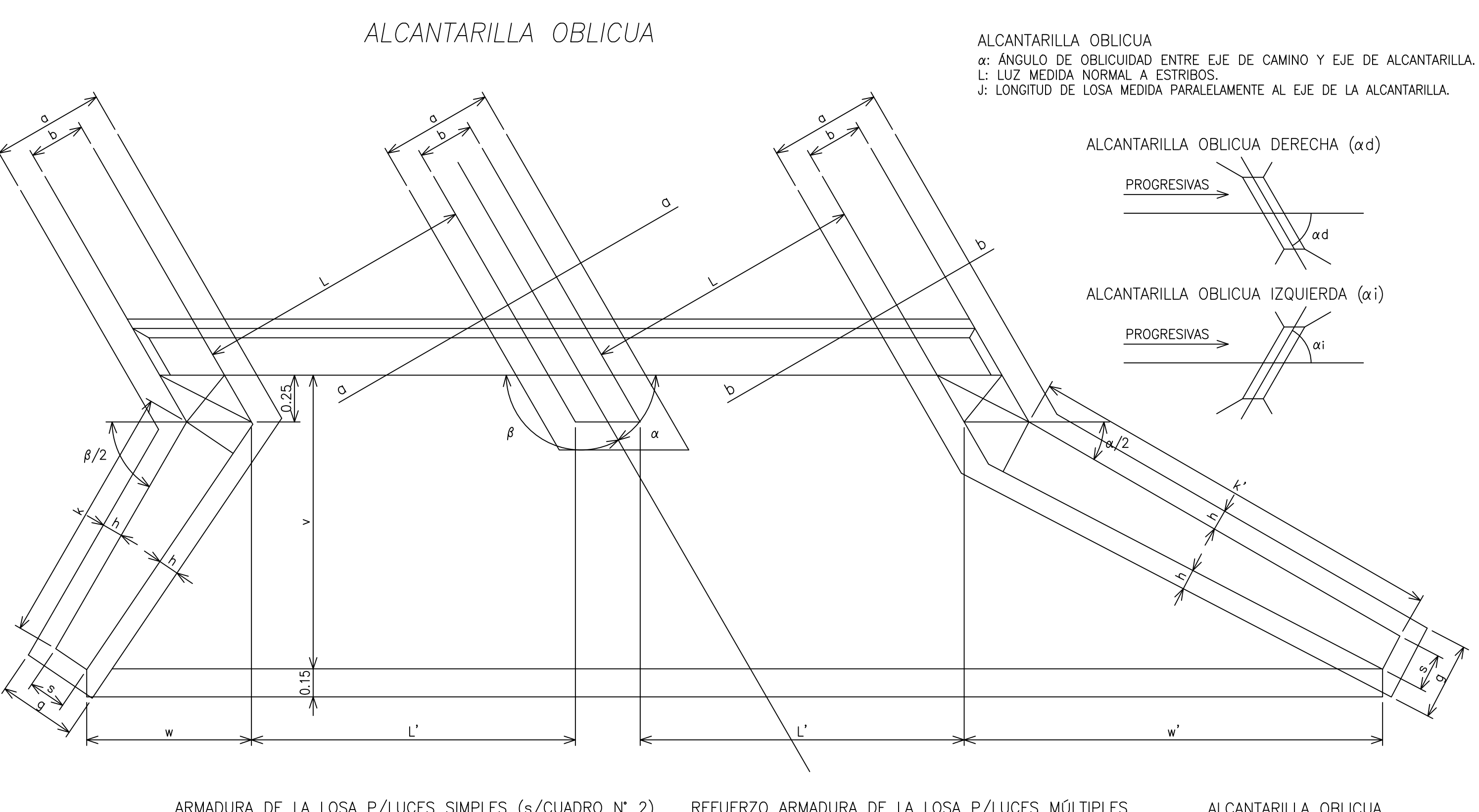
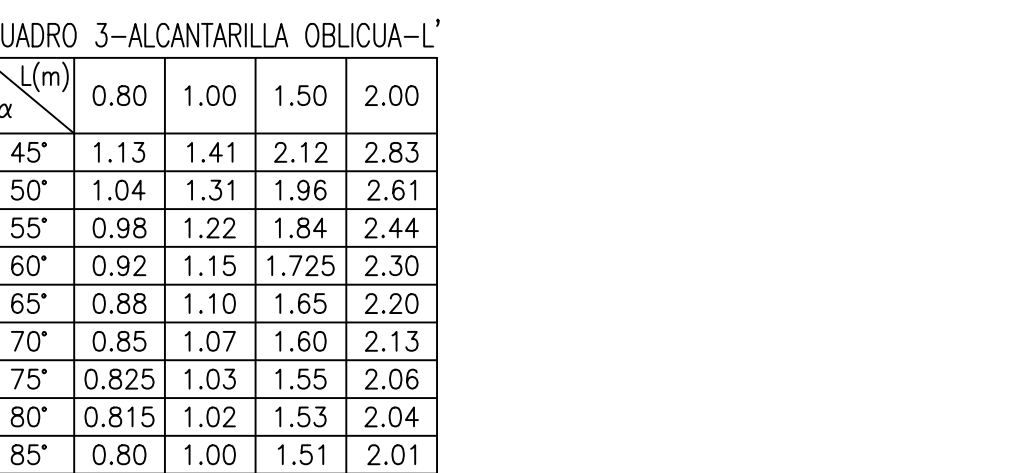
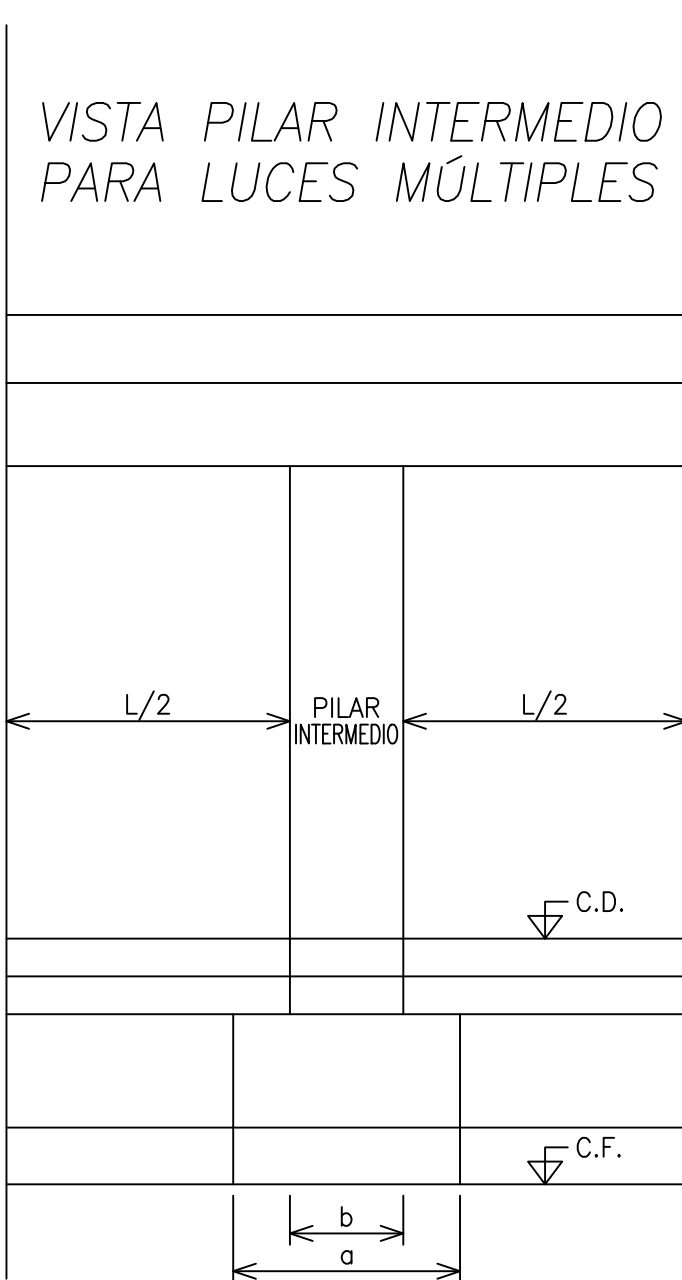
VERTEDERO
 H°A°
 Le: 1,90 m
 Hd: 0,20 m
 H: 1,00 m
 Orificios:
 0,40m x 0,13m

RESERVORIO
Suelo vegetal
Vol: 3770,00 m3
Asup: 3770,00 m2
H: 1,00 m
Taludes: 1:1
S= 0,7%

ALCANTARILLA
Plano tipo O-41211-I
H°A°
Seccion:
1,50 m x 0,5 m

ESCALA 1:25





CUADRO 2 – ESPESOR LOSA, ARMADURA Y TAPADA MÁXIMA									
TIPO	LUZ	ESPES. LOSA	ARMADURA LOSA				TAPADA MÁX.		
			PRINCIPAL		REPARTICIÓN		LUCES SIMPLES	LUCES MULTIP.	
			(L (m)	(e (m)	(ø (mm)	SEPAR. (m)			(ø (mm)
A PARA CAMION DE 9 TONELADAS	0.80	0.14	10	0.12	8	0.33	5.00	—	
	1.00	0.16	10	0.11	8	0.33	4.50	—	
	1.50	0.18	10	0.11	8	0.32	3.50	3.00	
	2.00	0.20	10	0.11	8	0.23	2.25	2.00	
B PARA APLANADORA DE 16 TONELADAS	0.80	0.18	10	0.14	8	0.33	7.00	—	
	1.00	0.19	10	0.12	8	0.33	6.00	—	
	1.50	0.21	10	0.10	8	0.32	4.25	3.00	
	2.00	0.22	10	0.10	8	0.23	3.00	2.00	
C PARA APLANADORA DE 20 TONELADAS	0.80	0.18	10	0.13	8	0.33	7.00	—	
	1.00	0.19	10	0.10	8	0.33	6.00	—	
	1.50	0.22	12	0.12	8	0.30	4.50	3.00	
	2.00	0.25	12	0.12	8	0.30	3.25	2.00	

DETERMINACIÓN DEL TIPO A APLICAR

PARA $T < 0.90m$: EL TREN DE CARGAS ADOPTADO PARA EL CAMINO.

PARA $T > 0.90m$: SE APLICARÁ EL TIPO A CUALQUIERA SEA EL TREN ADOPTADO Y SIEMPRE QUE EL VALOR DE T NO EXCEDA EL MÁXIMO FIJADO EN EL CUADRO PARA ESTE TIPO.

SI EL VALOR DE T EXCEDE ESE MÁXIMO, SE APLICARÁ EL TIPO B O BIEN EL TIPO C.

MATERIALES
HORMIGÓN CLASE B: $\sigma_{br} \geq 210 \text{ kg/cm}^2$.
ACERO TIPO III: $\sigma_{adm} \geq 2400 \text{ kg/cm}^2$ - $f > 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Diagrama de um pilar intermediário de uma viga contínua de 3 apoios. O pilar tem comprimento total de $0,6L$, dividido em dois segmentos de $0,3L$ cada. A viga tem altura total de $0,6L$. O pilar é armado com $\frac{1}{2}$ ARMAD. RESIST. em cada extremidade. A viga é armada com $\frac{1}{2}$ ARMAD. RESIST. em cada extremidade e $\frac{1}{2}$ ARMAD. RESIST. no meio do pilar. O pilar é armado com $\frac{1}{2}$ ARMAD. RESIST. em cada extremidade.

ARMADURA DEL GUARDA RUEDA P/LUCES SIMPLES

Diagram illustrating the reinforcement layout for a simple beam with two spans. The left span is labeled $60' > \alpha \geq 45'$ and the right span is labeled $90' \geq \alpha \geq 60'$.

Reinforcement details:

- Top reinforcement: $\text{ESTRIBOS } \varnothing 8\text{mm } c/0.20$ and $2\varnothing 8\text{mm}$.
- Bottom reinforcement: $4\varnothing 12\text{mm } p/L=0.80y1.00$ and $5\varnothing 12\text{mm } p/L=1.50y2.00$.
- Right span reinforcement: $\text{ESTRIBOS } \varnothing 8\text{mm}$ and $2\varnothing 8\text{mm}$.
- Bottom reinforcement for the right span: $4\varnothing 12\text{mm}$.

Labels at the bottom indicate the reinforcement is for the "ESTRIBO" (stirrup) section.

REFUERZO ARMADURA DEL GUARDA RUEDA P/LUCES M

60° $\geq \alpha \geq 45^\circ$ 90° $\geq \alpha \geq 60^\circ$

2ø8mm + 4ø12mm 2ø8mm + 2ø12mm

0.3L 0.3L

0.40

PILAR INTERMEDIO

ALCANTARILLA OBLICUA
CORTE b - b

GUARDA RUEDA

$\frac{1}{2}$ ARMAD. RESIST.

X VARIABLE

b

w

ESTRIBO

$\frac{1}{2}$ ARMAD. RESIST.

CUADRO 4 – ALCANTARILLA					OBLICUA – DIMENSIONES					
H (m)	l (m)	s (m)	i (m)	h (m)	α	v (m)	k' (m)	k (m)	w (m)	w' (m)
0.50	0.40	0.15	0.20	0.09	45°	0.84	1.17	0.57	0.36	1.30
					50°	0.84	1.06	0.57	0.37	1.16
					55°	0.83	0.98	0.58	0.38	1.04
					60°	0.83	0.90	0.58	0.40	0.93
					65°	0.83	0.85	0.59	0.42	0.82
					70°	0.82	0.79	0.60	0.44	0.77
					75°	0.82	0.74	0.61	0.46	0.71
					80°	0.81	0.70	0.61	0.49	0.65
					85°	0.81	0.67	0.63	0.52	0.59
					45°	1.04	1.70	0.79	0.52	1.78
0.75	0.55	0.15	0.25	0.07	50°	1.04	1.51	0.80	0.53	1.61
					55°	1.03	1.40	0.80	0.54	1.45
					60°	1.03	1.30	0.81	0.57	1.34
					65°	1.03	1.23	0.84	0.59	1.24
					70°	1.02	1.14	0.85	0.63	1.11
					75°	1.02	1.06	0.86	0.66	1.01
					80°	1.01	1.01	0.87	0.71	0.94
					85°	1.01	0.96	0.90	0.76	0.86
					45°	1.34	2.46	1.12	0.64	2.50
					50°	1.34	2.24	1.14	0.67	2.28
1.00	0.55	0.15	0.25	0.07	55°	1.33	2.05	1.14	0.71	2.03
					60°	1.33	1.90	1.15	0.75	1.85
					65°	1.33	1.80	1.19	0.78	1.72
					70°	1.32	1.67	1.21	0.84	1.54
					75°	1.32	1.56	1.24	0.90	1.42
					80°	1.31	1.46	1.25	0.96	1.29
					85°	1.31	1.40	1.30	1.02	1.18
					45°	1.59	3.00	1.36	0.76	3.12
					50°	1.58	2.72	1.38	0.80	2.76
					55°	1.58	2.49	1.40	0.84	2.49
1.25	0.80	0.20	0.30	0.11	60°	1.57	2.29	1.40	0.87	2.22
					65°	1.57	2.18	1.43	0.92	2.05
					70°	1.56	2.02	1.45	0.93	1.84
					75°	1.56	1.89	1.51	1.06	1.71
					80°	1.55	1.79	1.52	1.14	1.55
					85°	1.55	1.70	1.56	1.20	1.41
					45°	1.89	3.79	1.69	0.89	3.84
					50°	1.89	3.45	1.71	0.94	3.41
					55°	1.88	3.14	1.74	0.99	3.07
					60°	1.87	2.89	1.74	1.05	2.74
1.50	0.90	0.20	0.30	0.11	65°	1.87	2.74	1.81	1.12	2.52
					70°	1.86	2.54	1.83	1.21	2.27
					75°	1.86	2.35	1.89	1.30	2.10
					80°	1.85	2.26	1.91	1.39	1.91
					85°	1.85	2.15	1.98	1.49	1.75
					45°	2.13	4.31	1.93	1.01	4.13
					50°	2.13	3.90	1.96	1.06	3.73
					55°	2.12	3.57	1.97	1.12	3.40
					60°	2.12	3.31	2.00	1.19	3.12
					65°	2.11	3.10	2.07	1.26	2.87
1.75	1.05	0.25	0.35	0.12	70°	2.10	2.89	2.09	1.37	2.87
					75°	2.10	2.71	2.16	1.47	2.39
					80°	2.09	2.58	2.18	1.59	2.07
					85°	2.08	2.44	2.25	1.69	1.97
					45°	2.48	5.09	2.29	1.17	4.86
					50°	2.47	4.61	2.31	1.23	4.39
					55°	2.47	4.22	2.34	1.30	4.01
					60°	2.46	3.90	2.37	1.40	3.68
					65°	2.45	3.67	2.43	1.47	3.38
					70°	2.44	3.42	2.47	1.59	3.04
2.00	1.15	0.30	0.40	0.12	75°	2.43	3.20	2.55	1.72	2.80
					80°	2.42	3.04	2.57	1.84	2.53
					85°	2.42	2.88	2.67	1.99	2.32

DATOS A FIJAR EN EL PROYECTO
 ALCANTARILLA ①:②:③; L=④ m; H= ... m; Y= ... m; J=⑤ m
 ① INDICAR "A", "B" o "C"
 ② INDICAR CON O SIN PLATEA
 ③ OBLICUIDAD α i o α d
 ④ EJEMPLOS: 0.80, 2 x 1.50
 ⑤ REDONDEAR A MÚLTIPLO DE 0.20 m

NOTAS:

PARA LA FIJACIÓN DE LOS VALORES MÁXIMOS DE T HA SIDO DETERMINANTE EN LAS LUCES SIMPLES LA RESISTENCIA AL CORTE $\sigma_c = 4 \text{ kg/cm}^2$ O A LA FLEXIÓN $\sigma_b = 50 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_e = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

EN LAS LUCES MÚLTIPLES LA MÁXIMA FATIGA ADMISIBLE EN EL TERRENO DE FUNDACIÓN DEBAJO DE LA ZAPATA DE LOS PILARES ES 2.5 kg/cm^2 .

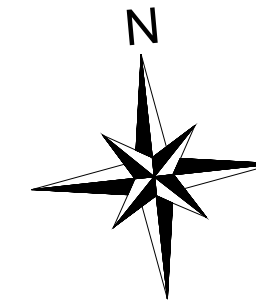
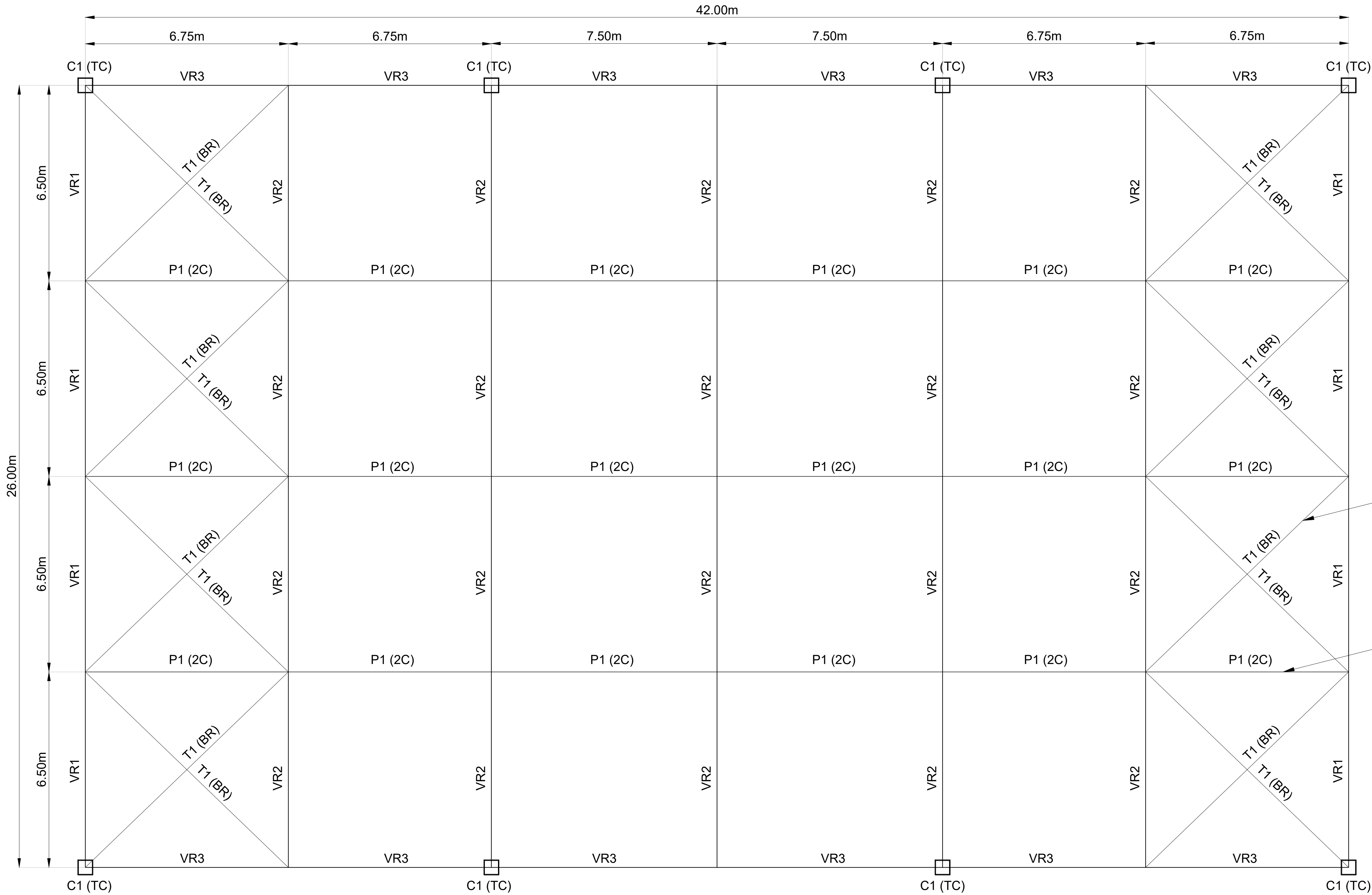
EN TODOS LOS CASOS SE HA CONSIDERADO QUE EL PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL DE RELLENO ES 2 kg/cm^3 .

SI ALGUNA DE ESTAS CONDICIONES NO SE CUMPLEN SE INTRODUCIRÁN LAS MODIFICACIONES NECESARIAS.

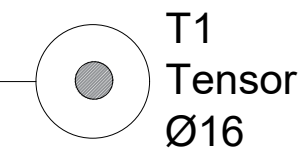
ESTUDIO Y PROYECTO		ES COPIA DEL PLANO 0-41211-1 DE LA D.N.V. ADAPTADO EN TAMAÑO	
ESCALAS	FECHA		
SIN ESCALA MEDIDAS EN METROS ORIGINAL A1		ALCANTARILLA CAJÓN DE HORMIGÓN	

Planta unifilar - Estructura Principal

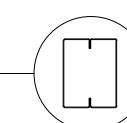
ESCALA 1:75



	Descripción
C1	Columna Tubo cuadrado 500x500x20
VR1	Viga reticulada 1 (ver detalle 1)
VR2	Viga reticulada 2 (ver detalle 2)
VR3	Viga reticulada 3 (ver detalle 1)
P1	Puntal 2C240×80×30×4,75
T1	Tensor Barra redonda Ø16



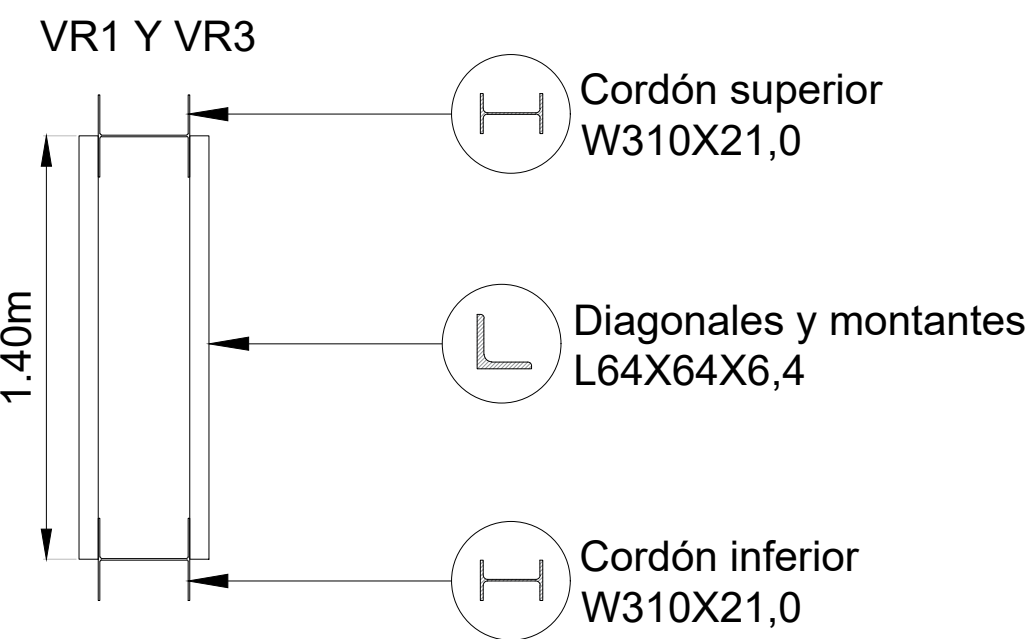
T1
Tensor
Ø16



P1
Puntal
2C240×80×30×4,75

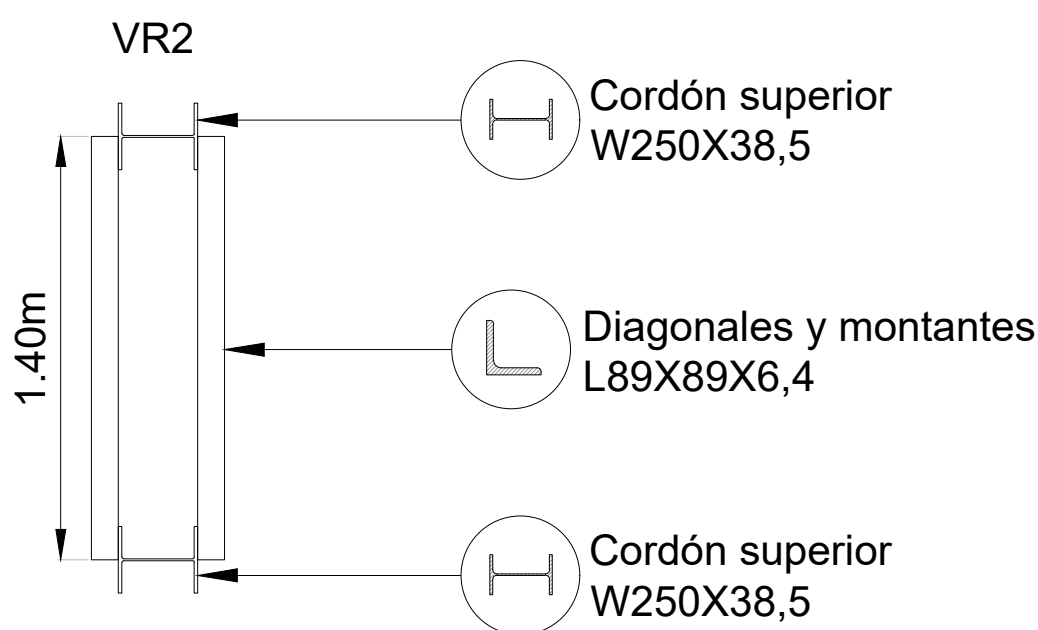
Detalle 1 de secciones de vigas reticuladas

ESCALA 1:25



Detalle 2 de secciones de vigas reticuladas

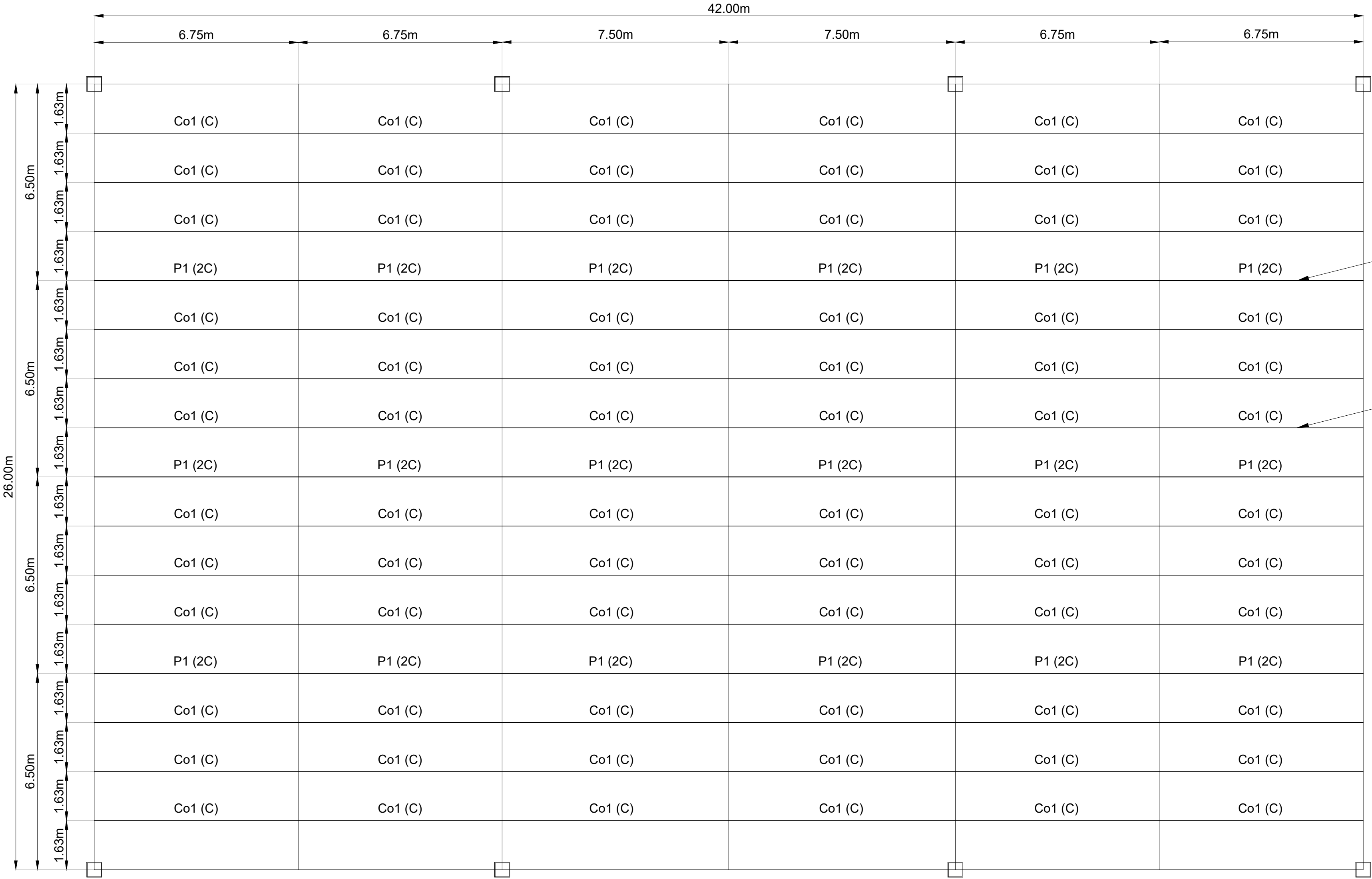
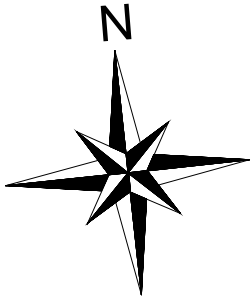
ESCALA 1:25



		PROYECTO IV		
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA				
PLANO: Planta Unifilar - Estructura Principal				
PLANO N°: 06.1	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026 ESCALA: s/plano		
		INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO		

Planta unifilar - Correas

ESCALA 1:100



P1
Puntal
2C240×80×30×4,75

Co1
Correa
2C240×80×30×4,75



PROYECTO IV

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

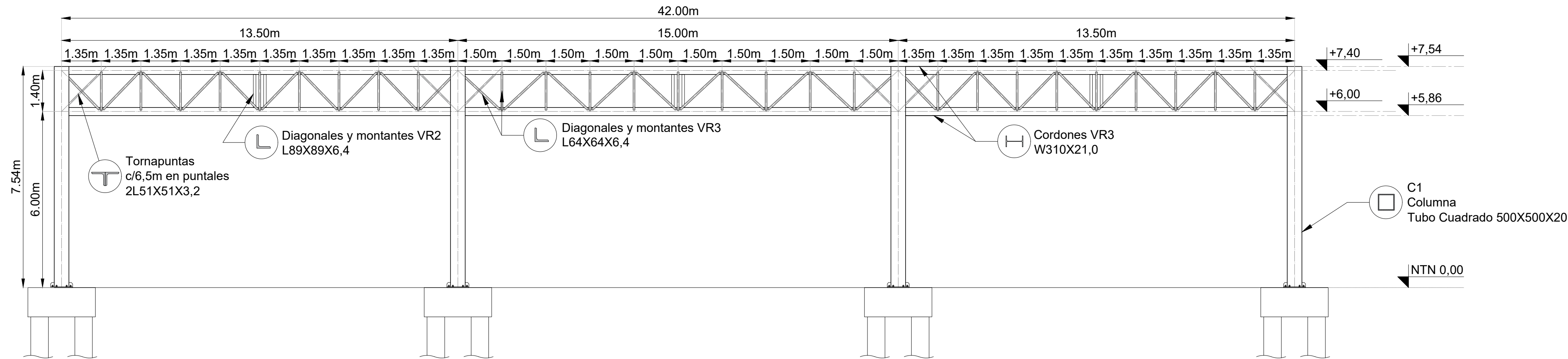
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA			INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO
PLANO: Planta Unifilar - Correas			
PLANO N°: 06.2	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026 ESCALA: 1:100	

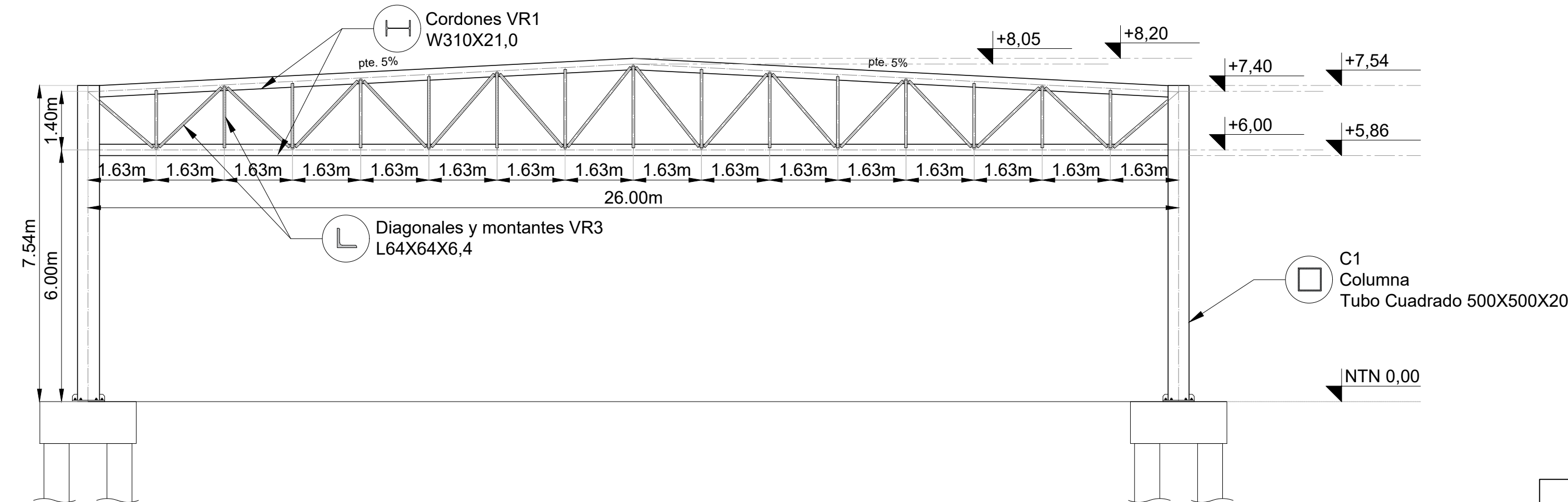
Vista Frontal - Estrctura Principal

ESCALA 1:100



Vista Lateral - Estrctura Principal

ESCALA 1:100

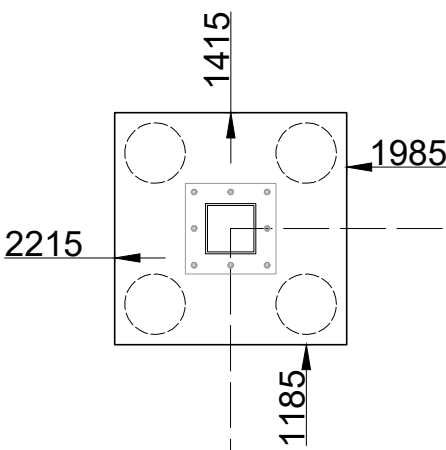


		PROYECTO IV FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO		
OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA				
PLANO: Vistas - Estructura Principal				
PLANO N°: 06.3	REVISIÓN: 03	FECHA: 21/07/2026 ESCALA: 1:100		
				INTEGRANTES: FABRIZIO, MAYLEN NARDELLI, LORENZO ROBERTTI, GUIDO TOSTI, IGNACIO

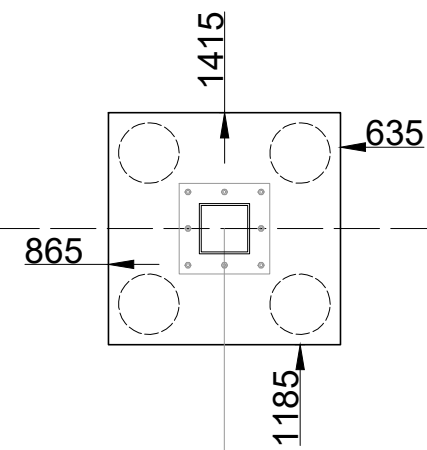
Planta de cabezales

ESCALA 1:75

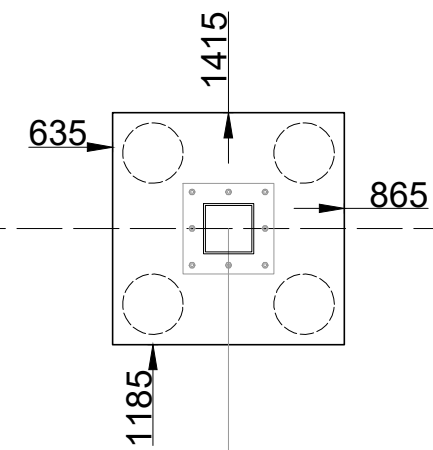
Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



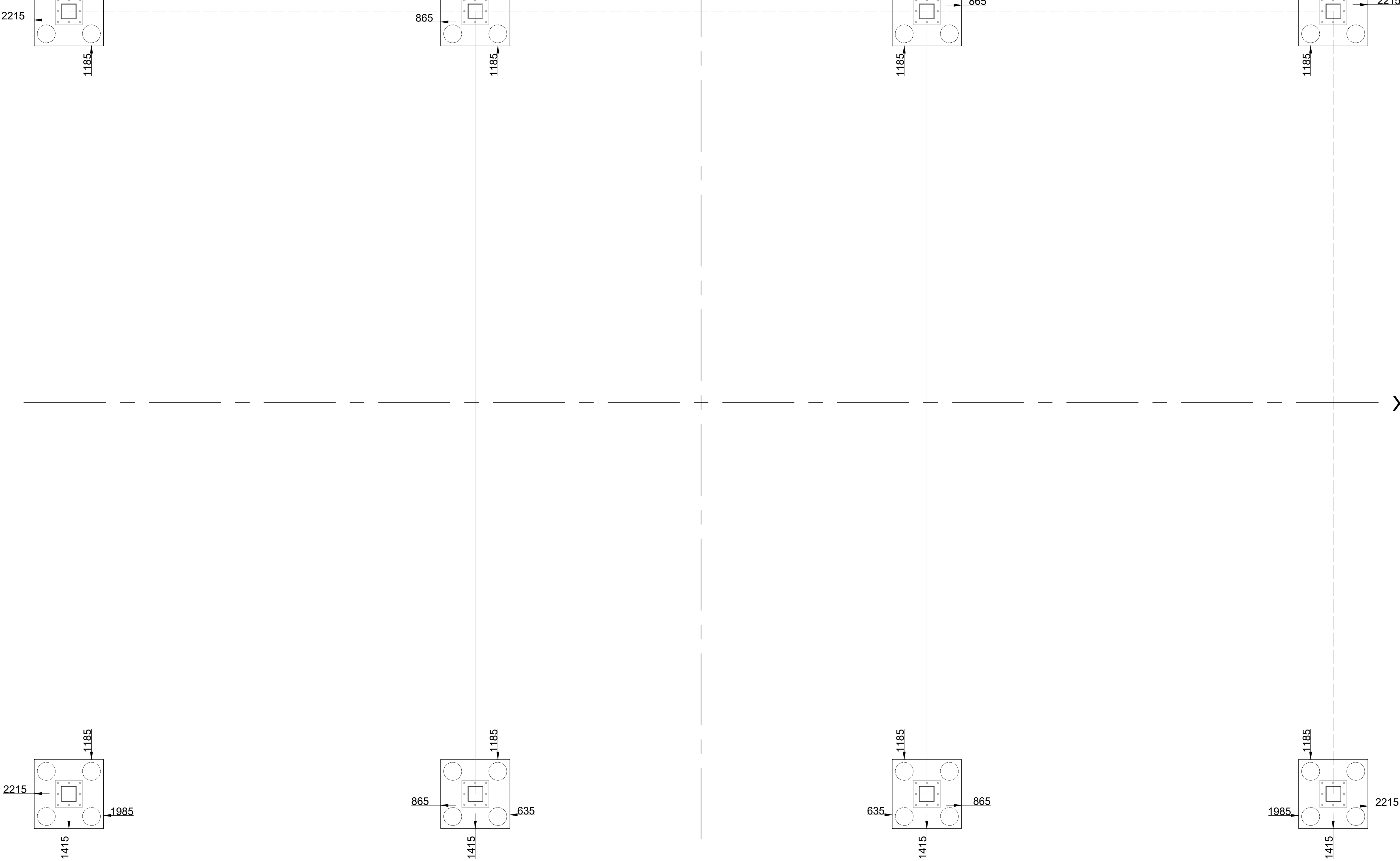
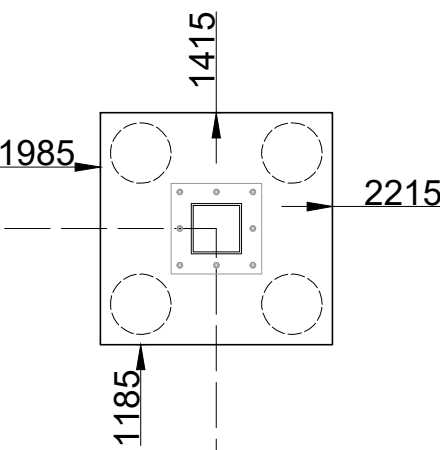
Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



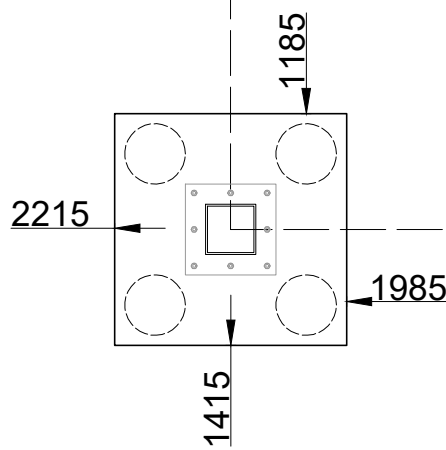
Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



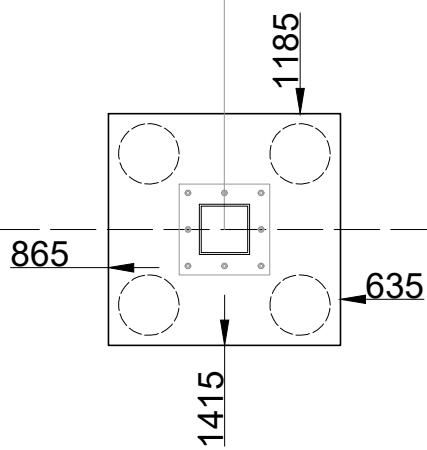
Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



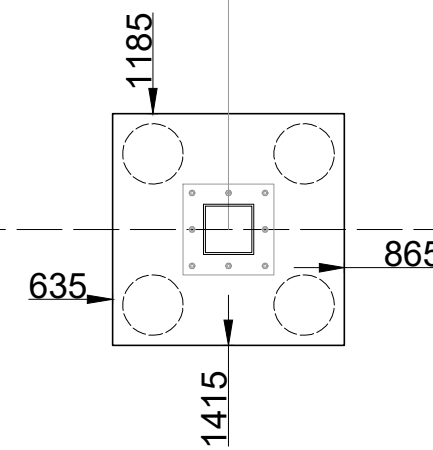
Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



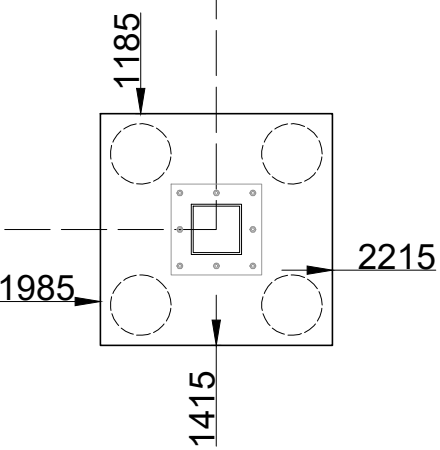
Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00

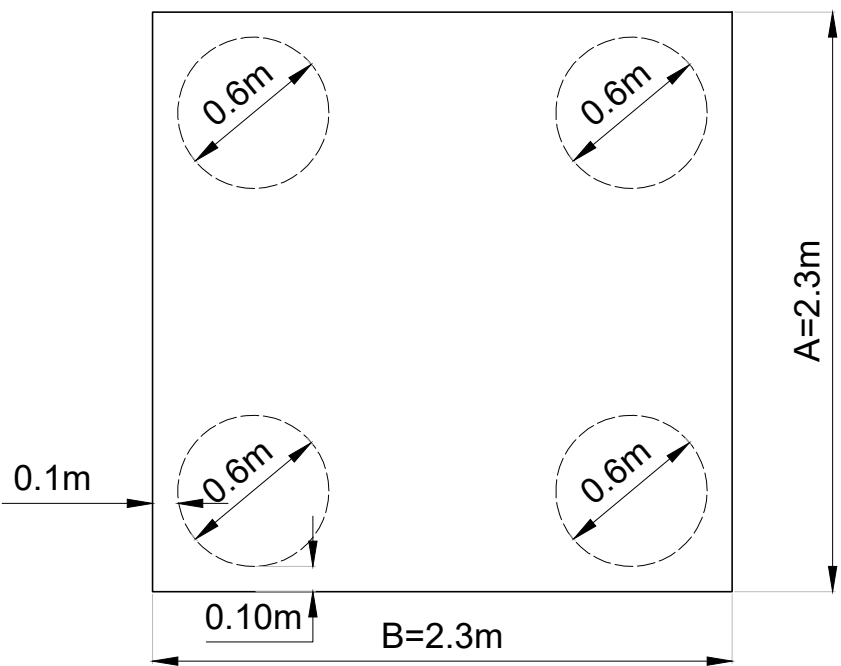
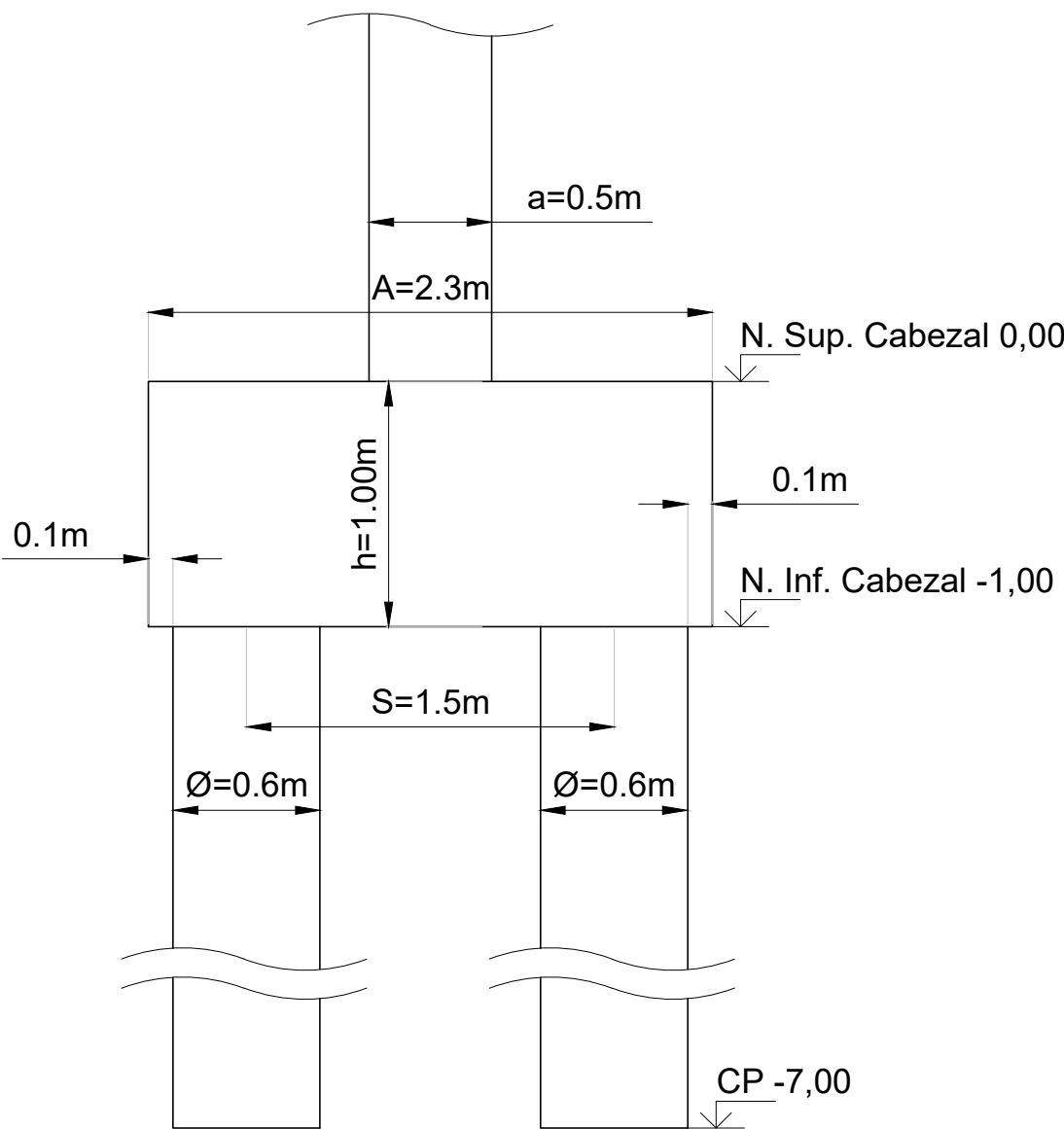


Cab1
230cmx230cm
h=100cm
Nivel inf. Cabezal: -1,00



Detalle de Cabezales

ESCALA 1:50



Detalles Cabezales						
	h	A	B	NSC	NSP	Cant
Cab1	1.00m	2.30m	2.30m	0.00	-1.00	8



PROYECTO IV

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

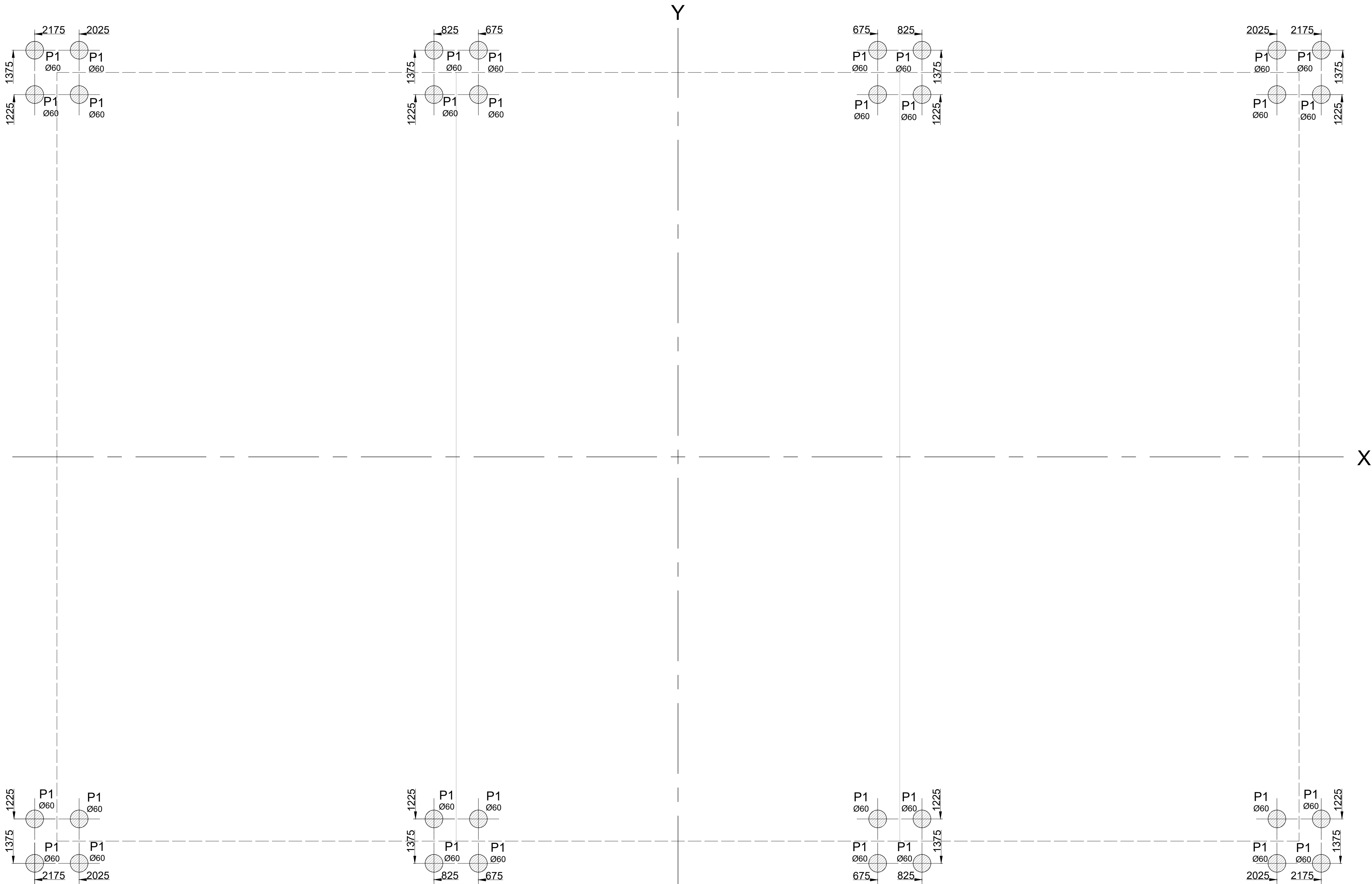
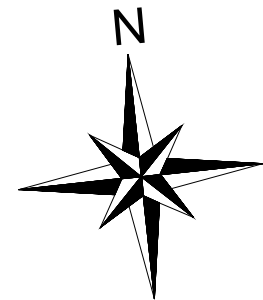
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA			INTEGRANTES:	
PLANO: Plano de Cabezales			FABRIZIO, MAYLEN	
PLANO N°:	REVISIÓN:	FECHA:	NARDELLI, LORENZO	
06.4	03	21/07/2026	ROBERTTI, GUIDO	
		ESCALA: s/plano	TOSTI, IGNACIO	

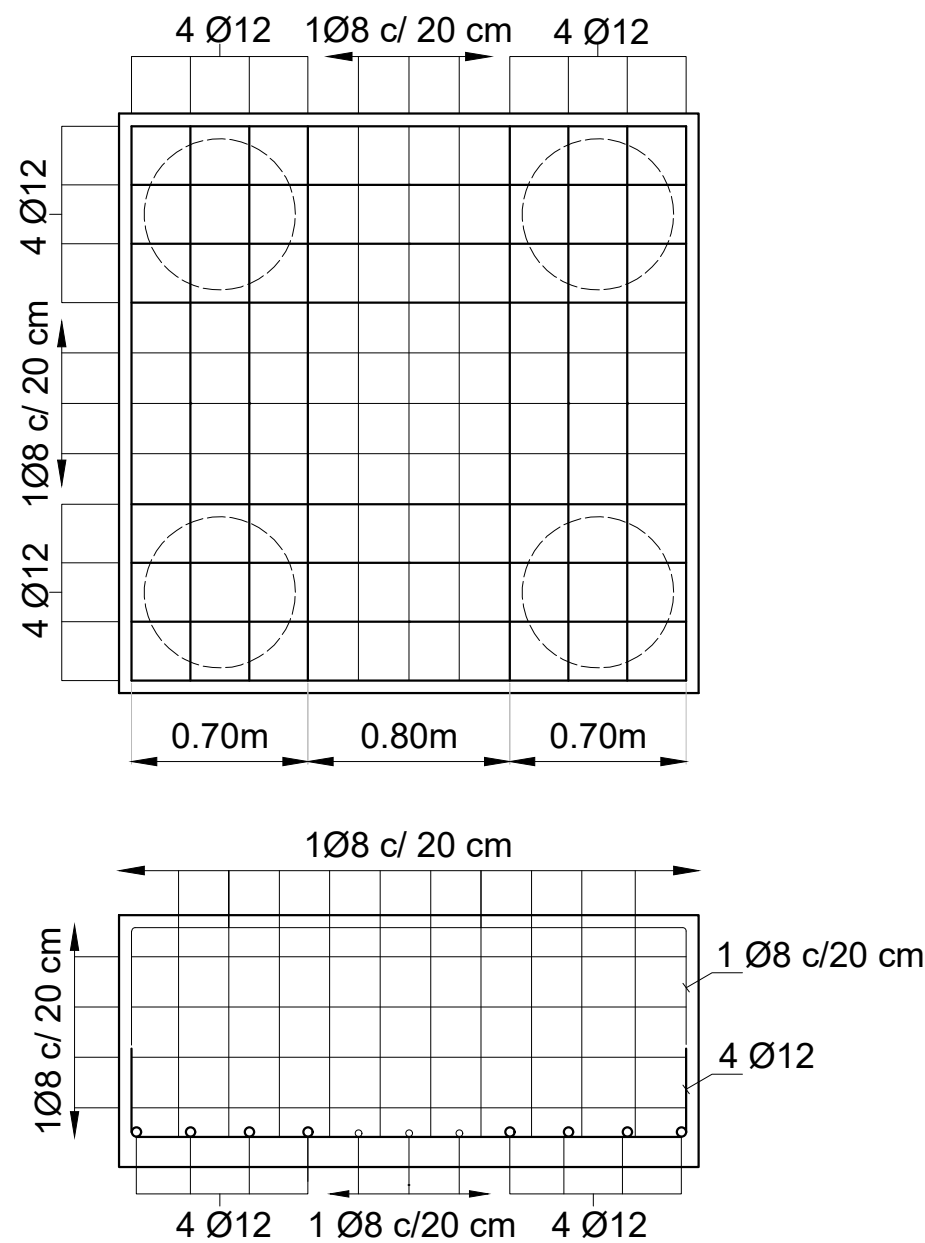
Planta de Pilotes

ESCALA 1:75



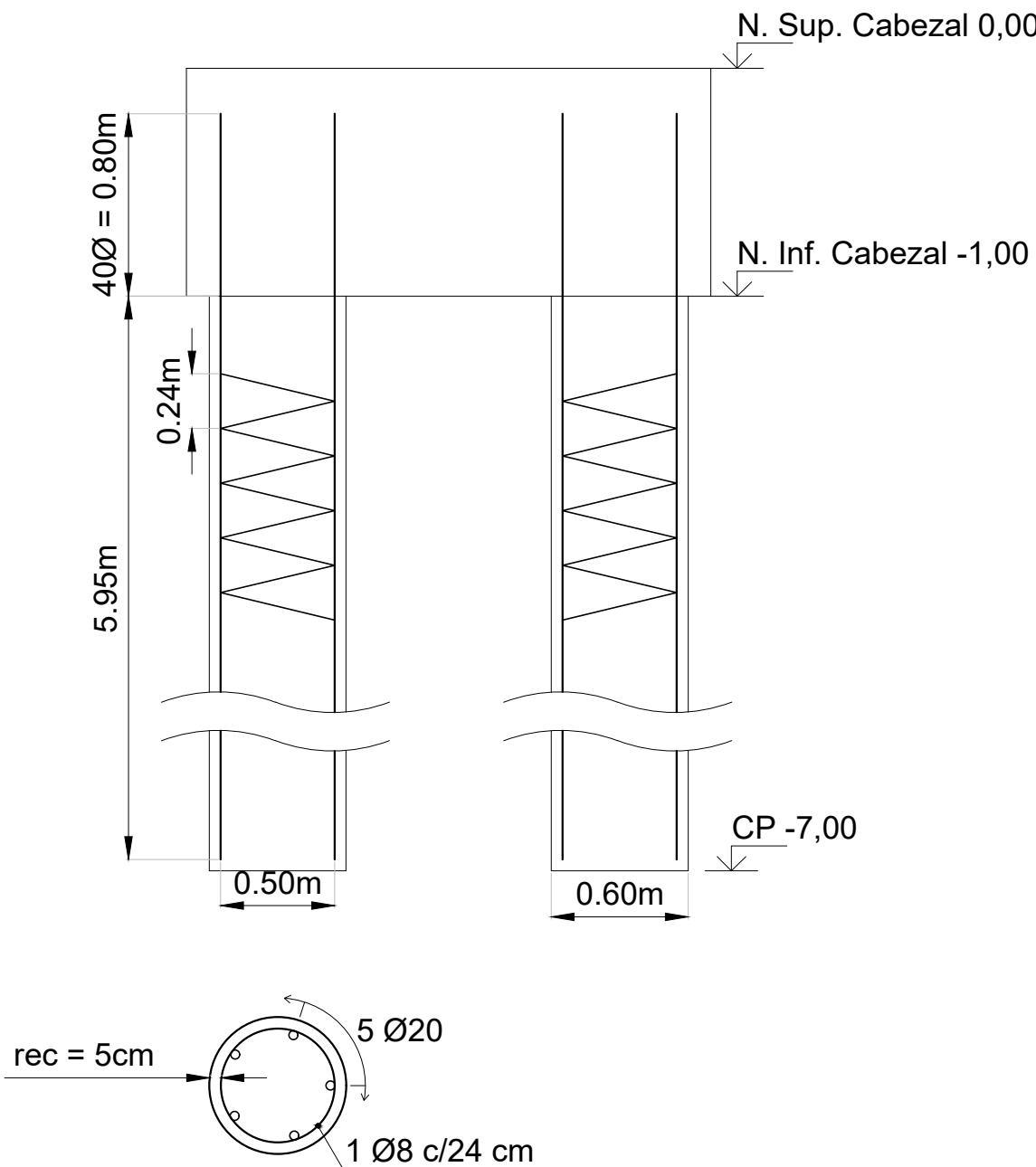
Detalle Armadura Cabezales

ESCALA 1:50



Detalle Armadura Pilotes

ESCALA 1:50



Detalles Pilotes

	Ø	CF	Cota Sup.	Cant
P1	0.60m	-7.00	-1.00	32



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

PROYECTO IV

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



OBRA: PLAYA DE ESTACIONAMIENTO DE CAMIONES - RECONQUISTA

PLANO: Plano de Pilotes y Detalle de armadura

PLANO N°:
06.5

REVISIÓN:
03

FECHA: 21/07/2026

ESCALA: s/plano

INTEGRANTES:

FABRIZIO, MAYLEN
NARDELLI, LORENZO
ROBERTTI, GUIDO
TOSTI, IGNACIO

10. ANEXOS

Anexo I - Estudio de suelos

[Ítem 5.4.1](#)

Anexo II - Dimensionamiento de pavimento rígido (ICPA)

[Ítem 5.4.3](#)

Anexo III - Diseño y cálculo estructural

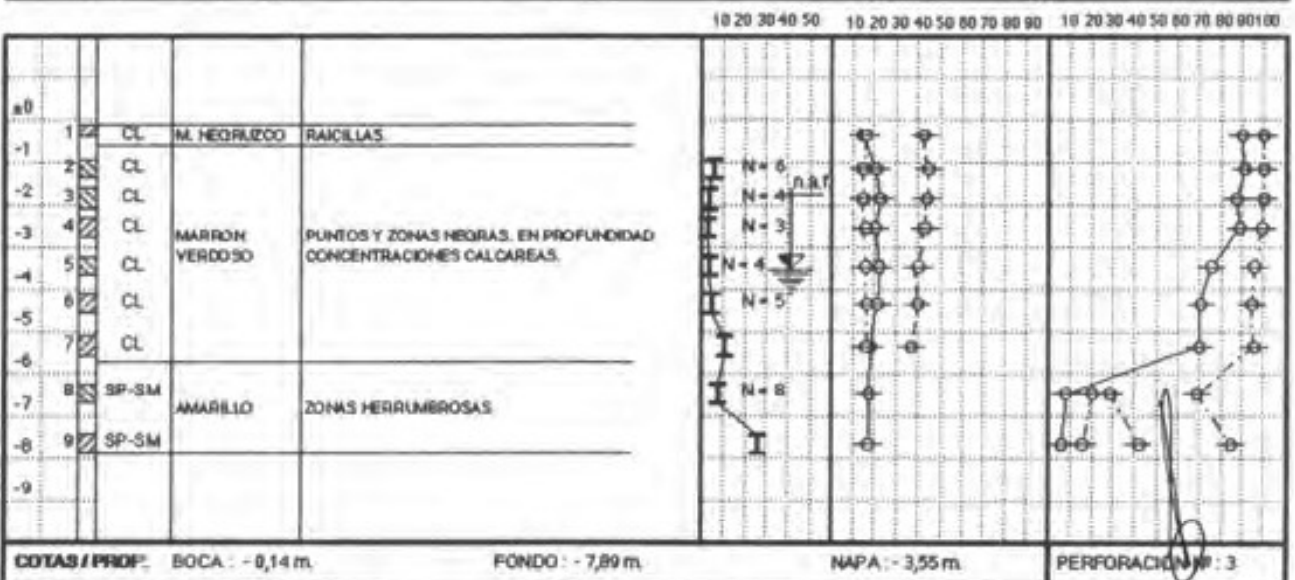
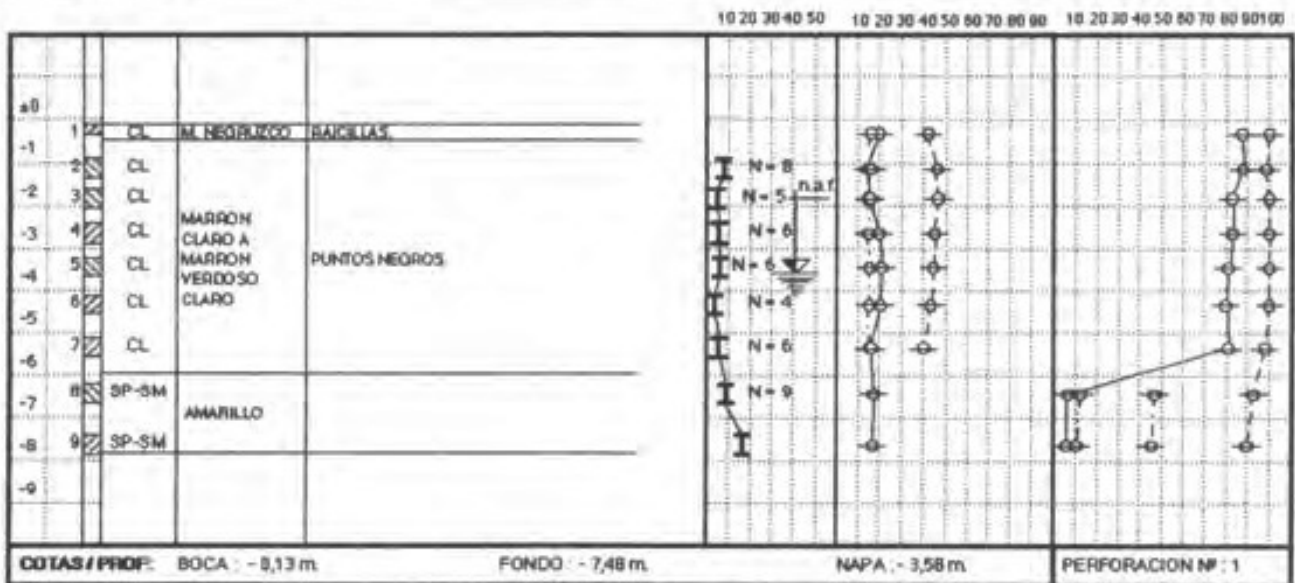
[Ítem 5.6](#)

10. Anexos

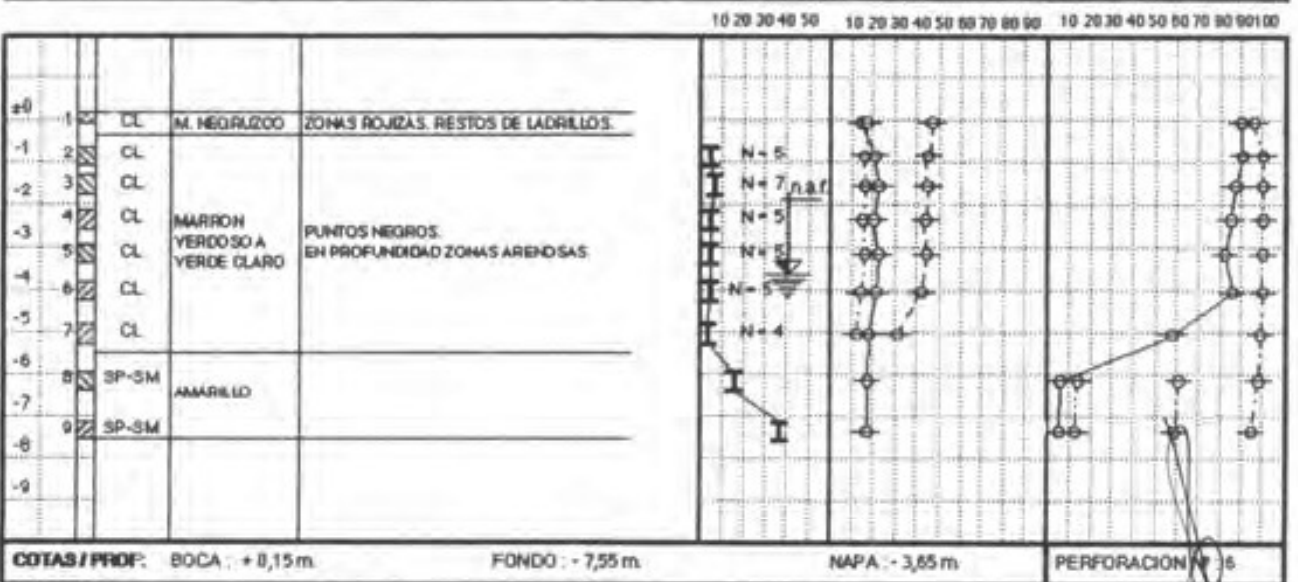
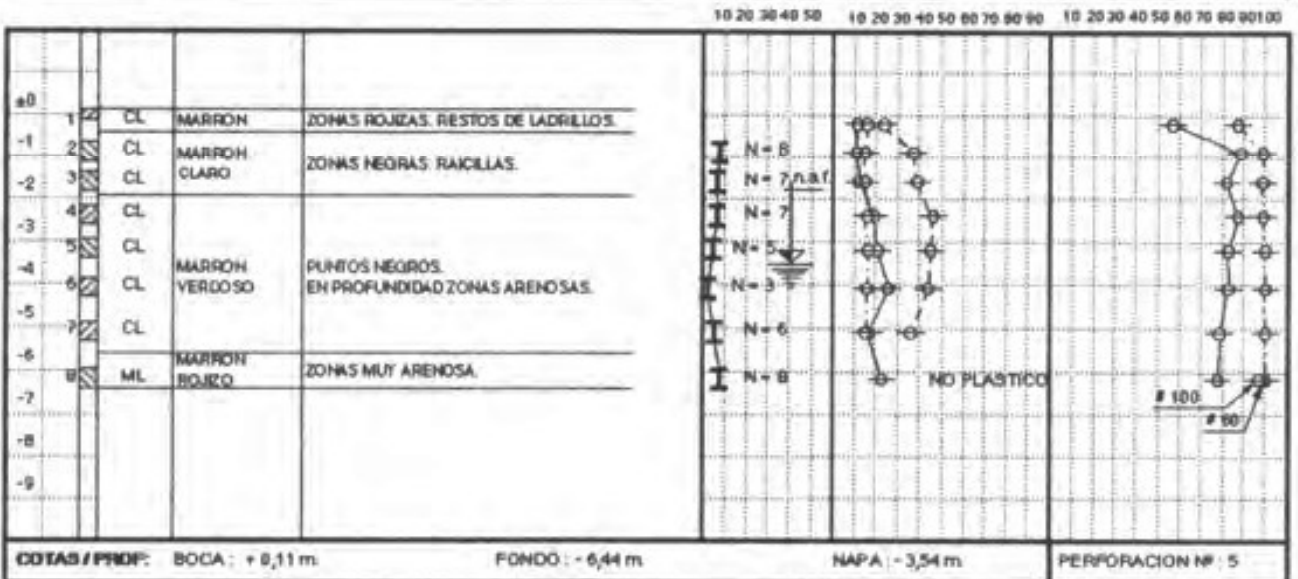
ANEXO I

Estudio de suelos

COTA / PROF.				SUELO		RESISTENCIA A LA PENETRACION N	HUMEDAD NATURAL — LÍMITE LÍQUIDO — LÍMITE PLÁSTICO —	PASA TAMIZ Nº 10 — — PASA TAMIZ Nº 60 — — PASA TAMIZ Nº 100 — — PASA TAMIZ Nº 200 — —
MUESTRA				CÓLOR	CARACTERÍSTICAS			
m.	Nº		CLAS.					



COTA / PROF.				SUELO		RESISTENCIA A LA PENETRACION N	HUMEDAD NATURAL ——— LIMITE LIQUIDO — — LIMITE PLASTICO — — —	PASA TAMIZ # 40 — — — PASA TAMIZ # 60 — — — PASA TAMIZ # 100 — — — PASA TAMIZ # 200 ———
m.	MUESTRA			COLOR	CARACTERISTICAS			
	Nº		CLAS.					



ANEXO II

Dimensionamiento de pavimento rígido
ICPA

DATOS DEL PROYECTO**Obra:** Playa de estacionamiento de camiones - Reconquista**Categoría de vía:** Ruta**Circulación** Unidireccional**Carriles por sentido:** 1 carril**Periodo de diseño:** 35 años**Espesor estimado:** 200 mm**Comitente:****Ubicación:****Longitud:****Descripción:** El dimensionamiento esta apuntado al diseño de las calles de circulación interna de la playa**DATOS DEL TRÁNSITO****Tránsito medio diario anual (TMDA) para el año de habilitación:** 320 V/día**Porcentaje de vehículos pesados:** 100%**Tránsito pesado medio diario anual (TPMDA):** 320 VP/día**Tasa de crecimiento de vehículos pesados:** 0,0%**Factor de proyección** 1,00**Coef. de distribución por sentido de circulación:** 100%Sentido de circulación
Bidireccional: sugerido 50%**Coef. de distribución por carril:** 100%(Para 1 carril, valor recomendado:
100%)**Espectro de cargas:**[Ingrese AQUÍ el espectro de cargas](#)**Datos OK****Total de ejes equivalentes estimados:** 26,94 millones**CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE****Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados****(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)**

Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
6	1004,0	18	806,0	26	136,0
11	1123,0	0	0,0	0	0,0
Total simples:	2127	Total dobles:	806,0	Total triples:	136

Hormigón de calzada

Resistencia media a flexión 28 días Estimado por clase de horm.

Clase del hormigón: H - 30

Tipo de agregado: Agregado triturado

-----> MR: 4,7 MPa
z (90%) = 1,282 / CV = 0,1

Subrasante y base

Módulo de reacción subrasante o
combinación subrasante/base: Determinado por capas

Determinado por capas

Subrasante

Mód. de reacción de la subrasante: Valor estimado por CBR

CBR de la subrasante: 5,00%

k de la subrasante: 37,5 MPa/m

Base

Módulo de reacción de la base: Determinado por capas

Cantidad de capas: 1 capa

Calzada de hormigón			
Capa superior	Material:	Base de hormigón pobre	
	Espesor:	12 cm	

k combinado subrasante/base: 79,2 MPa/m

VERIFICACIÓN

Datos del diseño

k combinado subrasante-base: 79,2 MPa/m
Resist. a flexión del hormigón: 4,69 MPa
Juntas transversales con pasadores: SI
Banquina de hormigón vinculada: NO
Total de ejes equivalentes estimados: 26,94 millones

Modelo de Fatiga: PCA '84

-----> Factor de seguridad de cargas 1,1

Para moderado volumen de tránsito (entre 100 y 1000 VP/día) se recomienda FSC = 1,1

Control de datos cargados:

Datos completos



Espesor de calzada:

226 mm

<-- Ingrese espesor a verificar en mm

Msg: Se ha encontrado espesor mínimo.

Consumo por Fatiga: 0,0% VERIFICA

Consumo por Erosión: 97,8% VERIFICA

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Hoja 1/3

Datos de Proyecto

Obra: Playa de estacionamiento de camiones - Reconquista

Categoría: Ruta

Comitente:

Ubicación:

Longitud:

Periodo de diseño: 35 años

Descripción: El dimensionamiento esta apuntado al diseño de las calles de circulación inter

Datos de Diseño

Tránsito

Tránsito pesado medio diario anual: 320 VP/día

Tasa de crecimiento: 0%

Coef. Distr. por sentido de circulación: 100%

Coef. Distr. por carril: 100%

Total vehiculos pesados en carril de diseño: 4.088.000 VP

Total ejes equivalentes 8,2tn (AASHTO): 26.516.848 (Con espesor de 22,6 cm)

Estructura

k combinado subrasante-base: 79 MPa/m

Resist. a flexión del hormigón: 4,7 MPa

Factor de seguridad de cargas: 1,1

Juntas transversales con pasadores: SI

Banquina de hormigón vinculada: NO

Verificación

Modelo de fatiga: PCA '84

Espesor de diseño:

22,6 cm

Consumo por Fatiga: 0%

Consumo por Erosión: 98%

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Hoja 2/3

Espectro de cargas utilizado en los cálculos

CONFIGURACION DE CARGAS POR EJE					
Ejes por cada 1000 Vehículos Pesados					
(excluyendo todos los vehículos de 2 ejes-4 cubiertas)					
Ejes simples		Ejes Dobles		Ejes Triples	
Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes	Cargas (tn)	Cantidad de Ejes
6	1004,0	18	806,0	26	136,0
11	1123,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total simples:	2127	Total dobles:	806,0	Total triples:	136

PLANILLA DE VERIFICACIÓN DE ESPESORES

Detalle consumos de Fatiga y Erosión por eje

Hoja 3/3

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes simples	6,0	6,6	4104352	Ilimitado	0,0%	Ilimitado	0,00%
	10,5	11,6	4590824	Ilimitado	0,0%	8804052	52,14%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
Total ES					0,0%	Total ES	52,14%

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes dobles	18,0	19,8	3294928	Ilimitado	0,0%	9620283	34,25%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
Total ED					0,0%	Total ED	34,25%

	Carga [tn]	Carga mayorada [tn]	Repeticiones esperadas	Fatiga		Erosión	
				Repeticiones admisibles	Consumo	Repeticiones admisibles	Consumo
Ejes triples	25,5	28,1	555968	Ilimitado	0,0%	4874885	11,40%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%
	0,0	0,0	0	0	0,0%	0	0,00%

Total ET	0,0%	Total ET	11,40%
----------	------	----------	--------

TOTALES	FATIGA:	0,0%	EROSIÓN:	97,8%
----------------	----------------	-------------	-----------------	--------------

ANEXO III

Diseño y cálculo estructural

Coef locales - Correas y cubiertas			
Viento Norte - Sur			
h1	3.5	Relación de bloqueo (ζ)	0.583
h2	6	Inclinación de la cubierta [°]	2.86
Presión			
Zona	Cpn $\theta=5^\circ$	Cpn $\theta=2,86^\circ$	p [N/m2]
A	0.6	0.343	302.45
B	1.80	1.030	907.34
C	1.30	0.744	655.30
D	0.40	0.229	201.63
Succión			
Zona	Cpn $\theta=5^\circ$; $\zeta=0,583$	Cpn $\theta=2,86^\circ$; $\zeta=0,583$	p [N/m2]
A	-0.950	-0.544	-478.87
B	-1.750	-1.002	-882.14
C	-1.633	-0.935	-823.33
D	-1.333	-0.763	-672.10

Coef locales - Correas y cubiertas			
Viento Sur - Norte			
Inclinación de la cubierta [°]		2.86	
Presión			
Zona	Cpn $\theta=5^\circ$	Cpn $\theta=2,86^\circ$	p [N/m2]
A	0.6	0.343	302.45
B	1.80	1.030	907.34
C	1.30	0.744	655.30
D	0.40	0.229	201.63
Succión			
Zona	Cpn $\theta=5^\circ$; $\zeta=0$	Cpn $\theta=2,86^\circ$; $\zeta=0$	p [N/m2]
A	-0.6	-0.343	-302.45
B	-1.4	-0.801	-705.71
C	-1.4	-0.801	-705.71
D	-1.1	-0.630	-554.49

Coef locales - Correas y cubiertas			
Viento Este - Oeste // Oeste - Este			
h1 (hcamión)	4.2	Relación de bloqueo (ζ)	0.700
h2	6	Inclinación de la cubierta [°]	2.86
Presión			
Zona	Cpn $\theta=5^\circ$	Cpn $\theta=2,86^\circ$	p [N/m ²]
A	0.6	0.343	302.45
B	1.80	1.030	907.34
C	1.30	0.744	655.30
D	0.40	0.229	201.63
Succión			
Zona	Cpn $\theta=5^\circ$; $\zeta=0,7$	Cpn $\theta=2,86^\circ$; $\zeta=0,7$	p [N/m ²]
A	-1.020	-0.584	-514.16
B	-1.820	-1.042	-917.42
C	-1.680	-0.962	-846.85
D	-1.380	-0.790	-695.63

Interpolación para obtener Cpn de succión (Viento Este-Oeste // Oeste-Este)				
A	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-0.6
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-1.2
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,7$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,7$	-1.020
B	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-1.4
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-2
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,7$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,7$	-1.820
C	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-1.4
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-1.8
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,7$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,7$	-1.680
D	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-1.1
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-1.5
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,7$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,7$	-1.380

Interpolación para obtener Cpn de succión (Viento Norte - Sur)				
A	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-0.6
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-1.2
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,583$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,583$	-0.950
B	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-1.4
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-2
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,583$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,583$	-1.750
C	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-1.4
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-1.8
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,583$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,583$	-1.633
D	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0$	-1.1
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=1$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=1$	-1.5
	$\theta=0^\circ$ y $\zeta=0,583$	0	$\theta=5^\circ$ y $\zeta=0,583$	-1.333

Cargas cenefa parte rígida		
Dirección	Barlovento	Sotavento
Cpn	1.3	0.6
qh [N/m ²]	1035.9	1035.9
G	0.85	0.85
W1 [N/m ²]	1144.67	528.31
W1 [kN/m ²]	1.14	0.53

Cargas cenefa parte voladizo (cartel) - (N-S)		Cargas cenefa parte voladizo (cartel) - (E-O)	
qh [N/m ²]	1035.9	qh [N/m ²]	1035.9
G	0.85	G	0.85
Mmax [m]	42	Mmax [m]	26
N [m]	0.65	N [m]	0.65
M/N	64.62	M/N	40.00
Cf	1.88	Cf	1.75
W2 [N/m ²]	1659.43	W2 [N/m ²]	1540.90
W2 [kN/m ²]	1.66	W2 [kN/m ²]	1.54

Carga cordones - (N-S)		
	Bar	Sot
W1 [kN/m2]	1.14	0.53
W2 [kN/m2]	1.66	
L1 [m]	1.4	
L2 [m]	0.65	
Rcs [kN/m]	2.13	1.70
Rci [kN/m]	0.55	0.12

Carga cordones - (S-N)		
	Bar	Sot
W1 [kN/m2]	1.14	0.53
W2 [kN/m2]	1.66	
L1 [m]	1.4	
L2 [m]	0.65	
Rcs [kN/m]	2.13	1.70
Rci [kN/m]	0.55	0.12

Carga cordones - (E-O)		
	Bar	Sot
W1 [kN/m2]	1.14	0.53
W2 [kN/m2]	1.54	
L1 [m]	1.4	
L2 [m]	0.65	
Rcs ext [kN/m]	2.04	1.60
Rci ext [kN/m]	0.57	0.14
Rcs cen [kN/m]	0.57	0.26
Rci cen [kN/m]	0.57	0.26

combinaciones en ELU (f1=0,5)	
C1)	1,4(D)
C2)	1,2(D)+0,5(Lr)
C3.1)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1A-P)
C3.2)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1B-P)
C3.3)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1C-P)
C3.4)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1A-S)
C3.5)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1B-S)
C3.6)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1C-S)
C3.7)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W2A-P)
C3.8)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W2B-P)
C3.9)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W2C-P)
C3.10)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W2A-S)
C3.11)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W2B-S)
C3.12)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W2C-S)
C3.13)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W3-P)
C3.14)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W3-S)
C3.15)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W4-P)
C3.16)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W4-S)
C4.1)	1,2(D)+1,5(W1A-P)+0,5(Lr)
C4.2)	1,2(D)+1,5(W1B-P)+0,5(Lr)
C4.3)	1,2(D)+1,5(W1C-P)+0,5(Lr)
C4.4)	1,2(D)+1,5(W1A-S)+0,5(Lr)
C4.5)	1,2(D)+1,5(W1B-S)+0,5(Lr)
C4.6)	1,2(D)+1,5(W1C-S)+0,5(Lr)
C4.7)	1,2(D)+1,5(W2A-P)+0,5(Lr)
C4.8)	1,2(D)+1,5(W2B-P)+0,5(Lr)
C4.9)	1,2(D)+1,5(W2C-P)+0,5(Lr)
C4.10)	1,2(D)+1,5(W2A-S)+0,5(Lr)
C4.11)	1,2(D)+1,5(W2B-S)+0,5(Lr)
C4.12)	1,2(D)+1,5(W2C-S)+0,5(Lr)
C4.13)	1,2(D)+1,5(W3-P)+0,5(Lr)
C4.14)	1,2(D)+1,5(W3-S)+0,5(Lr)
C4.15)	1,2(D)+1,5(W4-P)+0,5(Lr)
C4.16)	1,2(D)+1,5(W4-S)+0,5(Lr)
C5.1)	0,9(D)+1,5(W1A-P)

C5.2)	0,9(D)+1,5(W1B-P)
C5.3)	0,9(D)+1,5(W1C-P)
C5.4)	0,9(D)+1,5(W1A-S)
C5.5)	0,9(D)+1,5(W1B-S)
C5.6)	0,9(D)+1,5(W1C-S)
C5.7)	0,9(D)+1,5(W2A-P)
C5.8)	0,9(D)+1,5(W2B-P)
C5.9)	0,9(D)+1,5(W2C-P)
C5.10)	0,9(D)+1,5(W2A-S)
C5.11)	0,9(D)+1,5(W2B-S)
C5.12)	0,9(D)+1,5(W2C-S)
C5.13)	0,9(D)+1,5(W3-P)
C5.14)	0,9(D)+1,5(W3-S)
C5.15)	0,9(D)+1,5(W4-P)
C5.16)	0,9(D)+1,5(W4-S)

combinaciones en ELS	
C1)	1(D) +1(Lr)
C2.1)	1(D)+(W1A-P)
C2.2)	1(D)+(W1B-P)
C2.3)	1(D)+(W1C-P)
C2.4)	1(D)+(W1A-S)
C2.5)	1(D)+(W1B-S)
C2.6)	1(D)+(W1C-S)
C2.7)	1(D)+(W2A-P)
C2.8)	1(D)+(W2B-P)
C2.9)	1(D)+(W2C-P)
C2.10)	1(D)+(W2A-S)
C2.11)	1(D)+(W2B-S)
C2.12)	1(D)+(W2C-S)
C2.13)	1(D)+(W3-P)
C2.14)	1(D)+(W3-S)
C2.15)	1(D)+(W4-P)
C2.16)	1(D)+(W4-S)
C3.1)	1(D)+0,7(Lr+W1A-P)
C3.2)	1(D)+0,7(Lr+W1B-P)

C3.3)	1(D)+0,7(Lr+W1C-P)
C3.4)	1(D)+0,7(Lr+W1A-S)
C3.5)	1(D)+0,7(Lr+W1B-S)
C3.6)	1(D)+0,7(Lr+W1C-S)
C3.7)	1(D)+0,7(Lr+W2A-P)
C3.8)	1(D)+0,7(Lr+W2B-P)
C3.9)	1(D)+0,7(Lr+W2C-P)
C3.10)	1(D)+0,7(Lr+W2A-S)
C3.11)	1(D)+0,7(Lr+W2B-S)
C3.12)	1(D)+0,7(Lr+W2C-S)
C3.13)	1(D)+0,7(Lr+W3-P)
C3.14)	1(D)+0,7(Lr+W3-S)
C3.15)	1(D)+0,7(Lr+W4-P)
C3.16)	1(D)+0,7(Lr+W4-S)
C4.1)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W1A-P)
C4.2)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W1B-P)
C4.3)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W1C-P)
C4.4)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W1A-S)
C4.5)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W1B-S)
C4.6)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W1C-S)
C4.7)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W2A-P)
C4.8)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W2B-P)
C4.9)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W2C-P)
C4.10)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W2A-S)
C4.11)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W2B-S)
C4.12)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W2C-S)
C4.13)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W3-P)
C4.14)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W3-S)
C4.15)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W4-P)
C4.16)	1(D)+0,6(Lr)+0,6(W4-S)

Dimensionamiento de CORDÓN			
Parámetros de perfil IPN/W			
Perfil		W 250 x 38,5	
Altura [cm]	26.2	tw [mm]	6.6
Ancho bf [cm]	14.7	ry [cm]	11.05
Área [cm2]	49.6	rx [cm]	3.46
hw [mm]	220	Fy [kN/cm2]	34.5
tf [mm]	11.2	E [kN/cm2]	20000
Pandeo Local - ELEMENTOS COMPRIMIDOS			
Alma		Ala	
λ alma	33.33	λ ala	6.56
λr alma	35.87	λr ala	13.48
Qa	1	(b/t) lim	24.80
		Qs	1
Q		1	
Verificación a compresión			
Eje mayor inercia (Eje y - Plano xz)		Eje menor inercia (Eje x - Plano yz)	
Ky (biarticulado)	1	Kx (biarticulado)	1
Ly [cm]	650	Lx [cm]	162.5
ry [cm]	11.05	rx [cm]	3.46
λy	58.82352941	λx	46.96531792
λ = max (λy , λx)		58.82	
λc	0.78	Fcr [kN/cm2]	26.78
λc Q^(1/2)	0.78	Pn [kN]	1328.522528
Pu [kN]		-875.347	
Pd [kN]		1129.24	
Pu/Pd		0.78	
Verificación a Tracción			
Tu [kN]		829.398	
Tn [kN]		1711.2	
Td [kN]		1540.08	
Tu/Td		0.54	

Dimensionamiento de DIAGONALES - Vigas V2, V3 y V4			
Parámetros LPN individual		Datos	
Perfil	L 89 x 89 x 6,4 *	Longitud diagonal [cm]	215
bf [mm]	88.9	Cant presillas	2
A [cm2]	11.11	Distancia entre presillas [cm]	71.67
tf [mm]	6.4	Largo presilla [cm]	26.20
Ix = Iz [cm4]	82.34	Pu max (-) [kN]	-249.489
rx=rz [cm]	2.72	Pu max (+) [kN]	263.221
rv [cm]	1.69	Fy [kN/cm2]	23.5
ex=ez [cm]	2.40	E [kN/cm2]	20000
Parámetros ambos LPN		Pandeo local del ala	
At [cm2]	22.22	λ ala	13.89
rx [cm]	2.72	λr ala	13.13
Iz [cm4]	5503.04	(b/t) lim	26.55
rz[cm]	15.74	Qs	0.98
Verificación a compresión			
Eje z		Verificación al pandeo	
Kz	1	λ = max (λmz , λx)	79.04
Lz [cm]	215	λc	0.86
rz [cm]	15.74	λc Q^(1/2)	0.85
λo	13.66	Fcr [kN/cm2]	16.95
a/ri	42.41	Pn [kN]	376.66
λmz	38.94	Pd [kN]	320.17
Eje x		Pu/Pd	0.78
Kx	1	Verificación esbeltez local	
Lx [cm]	215	a/ri local	42.41
rx [cm]	2.72	0,75 . λglobal	59.28
λx	79.04	Verifica	
Verificación a tracción			
Pn [kN]		522.17	
Pd [kN]		469.95	
Pu/Pd		0.56	

Dimensionamiento de MONTANTES - Vigas V2, V3 y V4			
Parámetros LPN individual		Datos	
Perfil	L 32 x 32 x 4,8 *	Longitud montante [cm]	140
bf [cm]	31.7	Cant presillas	2
A [cm2]	2.87	Distancia entre presillas [cm]	46.67
tf [cm]	4.8	Largo presilla [cm]	26.20
Ix = Iz [cm4]	2.58	Pu max (-) [kN]	-35.79
rx=rz [cm]	0.95	Pu max (+) [kN]	90.877
rv [cm]	0.61	Fy [kN/cm2]	23.5
ex=ez [cm]	0.96	E [kN/cm2]	20000
Parámetros ambos LPN		Pandeo local del ala	
At [cm2]	5.74	λ ala	6.60
rx [mm]	0.95	λr ala	13.13
Iz [cm4]	1139.86	(b/t) lim	26.55
rz[cm]	14.09	Qs	1
Verificación a compresión			
Eje z		Verificación al pandeo	
Kz	1	λ = max (λmz , λx)	147.37
Lz [cm]	140	λc	1.61
rz [cm]	14.09	λc Q^(1/2)	1.61
λo	9.93	Fcr [kN/cm2]	7.97
a/ri	76.50	Pn [kN]	45.75
λmz	66.54	Pd [kN]	38.89
Eje x		Pu/Pd	0.92
Kx	1	Verificación esbeltez local	
Lx [cm]	140	a/ri local	76.50
rx [cm]	0.95	0,75 . λglobal	110.53
λx	147.37	Verifica	
Verificación a tracción			
Pn [kN]		134.89	
Pd [kN]		121.40	
Pu/Pd		0.75	

Peso específico del suelo			
Tipo de suelo	N	Rango γ [kN/m ³]	γ adop [kN/m ³]
CL	8	14.5 -17	16
SP-SM	15	16-19	17
Peso saturado			
Tipo de suelo	γ adop [kN/m ³]	w_n	γ_{sat} [kN/m ³]
CL	16	19	19.0
SP-SM	17	19	20.2

Estimación de capacidad por fricción lateral - Arcilla CL	
Estimación de resistencia no drenada	
N	8
q_u (N=2)	25
q_u (N=8)	100
q_u [kN/m ²]	100
$C_u = q_u/2$ [kN/m ²]	50
Método α	
p_a [kN/m ²]	100
c_u/p_a	0.5
α ($c_u/p_a=0.4$)	0.74
α ($c_u/p_a=0.6$)	0.62
α	0.68
q_f [kN/m ²]	34.00
FS	3.00
$q_f \text{ adm}$ [kN/m ²]	11.33

Estimación de capacidad por fricción lateral - Arena SP-SM	
N	15
p_a [kN/m ²]	100
q_p [kN/m ²]	5222.27
FS	3.00
$q_p \text{ adm}$ [kN/m ²]	1740.76

Estimación de capacidad por fricción lateral - Arena SP-SM	
Estimación del ϕ	
N	15
ϕ [°]	31.48
Método β	
Kf	0.75
f	1
σ_v' [kN/m ²]	109.25
qf [kN/m ²]	50.17
FS	3.00
qf adm[kN/m ²]	16.72

Cargas a nivel inferior de columnas ELS				
C1) Mz máximo				
Fila	Combinación			
127	82	C2.13)	1(D)+(W3-P)	
Mz [kN/m]	My [kN/m]	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]
-71.649	59.108	-103.191	-9.851	-11.941
C2) My máximo				
Fila	Combinación			
409	72	C2.3)	1(D)+(W1C-P)	
Mz [kN/m]	My [kN/m]	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]
1.626	351.717	-234.727	-58.619	0.271
C3) Compresión máxima				
Fila	Combinación			
441	88	C3.3)	1(D)+0,7(Lr+W1C-P)	
Mz [kN/m]	My [kN/m]	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]
2.535	351.525	-283.514	-58.588	0.422

Cargas a nivel inferior de columnas ELU				
C1) Mz máximo				
Fila	Combinación			
161	49	C4.13)	1,2(D)+1,5(W3-P)+0,5(Lr)	
Mz [kN/m]	My [kN/m]	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]
-108.722	94.366	-157.784	-15.728	-18.12

C2) My máximo				
Fila	Combinación			
443	39	C4.3)	1,2(D)+1,5(W1C-P)+0,5(Lr)	
Mz [kN/m]	My [kN/m]	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]
2.596	552.953	-371.68	-92.159	0.433
C3) Compresión máxima				
Fila	Combinación			
511	23	C3.3)	1,2(D)+1,6(Lr)+0,8(W1C-P)	
Mz [kN/m]	My [kN/m]	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]
-4.079	493.882	-423.86	-82.314	-0.68

Cargas en cabezal en ELS					
Solicitaciones max. columna en ELS a nivel superior de cabezal		Solicitaciones max. columna en ELS a nivel inferior de cabezal		Solicitaciones max. columna en ELS a nivel inferior de cabezal resultantes	
Combinación	C1) Mzmax	Combinación	C1) Mzmax	Combinación	C1) Mzmax
Mz [kNm]	71.65	Mz [kNm]	71.65	Mz [kNm]	83.59
My [kNm]	-59.11	My [kNm]	-59.11	My [kNm]	-68.96
N [kN]	-103.19	N +PPcab [kN]	-235.44	N [kN]	-235.44
Vz [kN]	9.85	My-vz[kNm]	-9.85		
Vy [kN]	11.94	Mz-vy[kNm]	11.94		
Combinación	C2) Mymax	Combinación	C2) Mymax	Combinación	C2) Mymax
Mz [kNm]	-1.63	Mz [kNm]	-1.63	Mz [kNm]	-1.90
My [kNm]	-351.72	My [kNm]	-351.72	My [kNm]	-410.34
N [kN]	-234.73	N +PPcab [kN]	-366.98	N [kN]	-366.98
Vz [kN]	58.62	My-vz[kNm]	-58.62		
Vy [kN]	-0.27	Mz-vy[kNm]	-0.27		
Combinación	C3) Cmax	Combinación	C3) Cmax	Combinación	C3) Cmax
Mz [kNm]	-2.54	Mz [kNm]	-2.54	Mz [kNm]	-2.96
My [kNm]	-351.53	My [kNm]	-351.53	My [kNm]	-410.11
N [kN]	-283.51	N +PPcab [kN]	-415.76	N [kN]	-415.76
Vz [kN]	58.59	My-vz[kNm]	-58.59		
Vy [kN]	-0.42	Mz-vy[kNm]	-0.42		

Cargas en cabezal en ELU						
Comb STAAD	Solicitaciones max. columna en ELS a nivel superior de cabezal		Solicitaciones max. columna en ELU a nivel inferior de cabezal		Solicitaciones max. columna en ELS a nivel inferior de cabezal resultantes	
C4.13)	Combinación	C1) Mzmax	Combinación	C1) Mzmax	Combinación	C1) Mzmax
Factor cargas D	Mz [kNm]	108.72	Mz [kNm]	108.72	Mz [kNm]	126.84
1.2	My [kNm]	-94.37	My [kNm]	-94.37	My [kNm]	-110.09
	N [kN]	-157.78	N +PPcab [kN]	-316.48	N [kN]	-316.48
	Vz [kN]	15.73	My-vz[kNm]	-15.73		
	Vy [kN]	18.12	Mz-vy[kNm]	18.12		
C4.3)	Combinación	C2) Mymax	Combinación	C2) Mymax	Combinación	C2) Mymax
Factor cargas D	Mz [kNm]	-2.60	Mz [kNm]	-2.60	Mz [kNm]	-3.03
1.2	My [kNm]	-552.95	My [kNm]	-552.95	My [kNm]	-645.11
	N [kN]	-371.68	N +PPcab [kN]	-530.38	N [kN]	-530.38
	Vz [kN]	92.16	My-vz[kNm]	-92.16		
	Vy [kN]	-0.43	Mz-vy[kNm]	-0.43		
C3.3)	Combinación	C3) Cmax	Combinación	C3) Cmax	Combinación	C3) Cmax
Factor cargas D	Mz [kNm]	4.08	Mz [kNm]	4.08	Mz [kNm]	4.76
1.2	My [kNm]	-493.88	My [kNm]	-493.88	My [kNm]	-576.20
	N [kN]	-423.86	N +PPcab [kN]	-582.56	N [kN]	-582.56
	Vz [kN]	82.31	My-vz[kNm]	-82.31		
	Vy [kN]	0.68	Mz-vy[kNm]	0.68		

Distribución de cargas en pilotes ELS					
Combinación	C1)				
Pilote	RN [kN]	S [m]	RMz [kN]	RMy [kN]	Rp [kN]
1	-58.86	1.50	-27.86	22.99	-63.74
2	-58.86	1.50	27.86	22.99	-8.01
3	-58.86	1.50	-27.86	-22.99	-109.71
4	-58.86	1.50	27.86	-22.99	-53.98
Combinación	C2)				
Pilote	RN [kN]	S [m]	RMz [kN]	RMy [kN]	Rp [kN]
1	-91.74	1.50	0.63	136.78	45.67
2	-91.74	1.50	-0.63	136.78	44.40
3	-91.74	1.50	0.63	-136.78	-227.89
4	-91.74	1.50	-0.63	-136.78	-229.16

Combinación	C3)				
Pilote	RN [kN]	S [m]	RMz [kN]	RM _y [kN]	R _p [kN]
1	-103.94	1.50	0.99	136.70	33.75
2	-103.94	1.50	-0.99	136.70	31.78
3	-103.94	1.50	0.99	-136.70	-239.66
4	-103.94	1.50	-0.99	-136.70	-241.63
Máxima compresión Cs					-241.63
Pilote					4
Máxima tracción Ts					45.67
Pilote					1

Distribución de cargas en pilotes ELU					
Combinación	C1)				
Pilote	RN [kN]	S [m]	RMz [kN]	RM _y [kN]	R _p [kN]
1	-79.12	1.50	-42.28	-36.70	-158.10
2	-79.12	1.50	42.28	-36.70	-73.54
3	-79.12	1.50	-42.28	36.70	-84.70
4	-79.12	1.50	42.28	36.70	-0.14
Combinación	C2)				
Pilote	RN [kN]	S [m]	RMz [kN]	RM _y [kN]	R _p [kN]
1	-132.60	1.50	1.01	215.04	83.45
2	-132.60	1.50	-1.01	215.04	81.43
3	-132.60	1.50	1.01	-215.04	-346.62
4	-132.60	1.50	-1.01	-215.04	-348.64
Combinación	C3)				
Pilote	RN [kN]	S [m]	RMz [kN]	RM _y [kN]	R _p [kN]
1	-145.64	1.50	1.59	192.07	48.01
2	-145.64	1.50	-1.59	192.07	44.84
3	-145.64	1.50	1.59	-192.07	-336.12
4	-145.64	1.50	-1.59	-192.07	-339.29
Máxima compresión Cu					-348.64
Pilote					4
Máxima tracción Tu					83.45
Pilote					1