



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Facultad de Ingeniería



TRABAJO FINAL

**Estudio del estacionamiento del Campus - Resistencia
de la Universidad Nacional del Nordeste**

Autores:

BRITEZ, Brenda Daniela

DALLAMEA, Horacio Ulises

2.017



Tutor:

Ing. Altamirano, Tulio

Asesor:

Ing. Barrios D'Ambrá, Ricardo



Resumen ejecutivo

Introducción

Consiste en el estudio del estacionamiento del Campus - Resistencia de la Universidad Nacional del Nordeste, orientado a solucionar los problemas que se generan en el circuito de circulación por la falta de espacio destinado para la ubicación de los vehículos dentro del predio.

El mismo se encuentra ubicado en el sector sudoeste de la ciudad de Resistencia, Chaco. Ubicado concretamente en la intersección de las avenidas Las Heras y Juan José Castelli, a solo seis cuadras del centro de la ciudad.

Los objetivos de este anteproyecto consisten en, la adecuación de espacios físicos para poder ubicar los vehículos de las personas que concurren al mismo, optimización del tiempo que requiere el usuario para entrar y salir del Campus, evitando el congestionamiento vehicular a la salida del mismo, ordenamiento adecuado de los vehículos en la zona del circuito de circulación, evitando que estacionen en lugares que interfieran el paso.

Este estudio se basa en una solución estructural a través del diseño de un edificio en altura exclusivo para estacionamiento de los vehículos de los usuarios y una playa de estacionamiento a cielo abierto.

Antecedentes

De acuerdo a estadísticas realizadas en años 2.015-2.016, el complejo educativo cuenta con 1.975 docentes, 327 personal no docente, y 16.528 estudiantes inscriptos en las diferentes carreras universitarias, lo cual supone una población de **18.830 usuarios**.

El campus reúne a diversas facultades: Arquitectura y Urbanismo, Ciencias Económicas, Humanidades e Ingeniería, institutos de Medicina Regional, Biblioteca Central, Farmacia, Obra Social.

La superficie es de 9,85 ha, de las cuales 1,72ha están destinadas al pavimento de circulación y espacio para el estacionamiento de vehículos. Dicho espacio de circulación y estacionamiento vehicular permite el estacionamiento de 530 vehículos incluidos los espacios reservados para las autoridades de las diferentes facultades e instituciones

Según el reglamento general de construcciones de Resistencia, especifica que *“Será obligatorio destinar a esos uso(estacionamiento),una superficie libre o cubierta equivalente al 10% de la superficie total cubierta entendiéndose que dicha superficie se contará libre de circulaciones (estacionamiento exclusivamente.)”*.Siendo la superficie total cubierta del Campus de 2,92 ha, y la



superficie exclusivamente para estacionamiento de 0,21 ha, lo cual indicaría que 10% de la superficie total cubierta es de 0,29 ha, observándose una deficiencia de 800m² destinado para dicho espacio.

Estudio de campo

Se efectuó un trabajo de campo realizando mediciones del flujo vehicular por conteo manual de los vehículos que ingresan y egresan del Campus contando en los puntos de entrada y salida de vehículos sobre la Av. Las Heras en los horarios pico de 8:00h a 9:00h y de 16:00h a 17:00h en el acceso, de 11:30h a 12:30h y de 18:00h a 19:00h en el egreso, los días: lunes, miércoles y viernes. Se pudo observar en el conteo que en su mayoría se encuentra abordo una persona por vehículo.

De este análisis se puede expresar que, en promedio, el flujo de autos/camionetas es de **221 vehículos/horas**, 77 motocicletas/h y 11 bicicletas/h.

Además a través de este estudio se puede asumir que 72% que circula dentro del predio corresponde a automóviles y camionetas.

Se calculó por medio del flujo medido de vehículos que el valor del Tránsito Medio Diario Anual es de 1.464 *vehículos/día*.

Situación de diseño

Cálculo de la demanda actual de estacionamiento

Consiste en establecer la cantidad de plazas indispensables con las que el campus Resistencia debe contar actualmente para el funcionamiento óptimo del sistema, a fin de prevenir que se produzca el colapso y las consecuencias que esto acarrea.

Para resolver el cálculo de la cantidad de plazas necesarias se recurrió a la bibliografía llamada *Manual para el diseño de estacionamientos* de Rodolfo Cruz Toral, donde expresa a través de una ecuación el número de cajones necesarios.

De acuerdo a este procedimiento se pudo determinar que el número de cajones o módulos necesarios con el que debe contar actualmente el Campus es de 608, lo que indica que posee una deficiencia de 78 módulos o plazas para el estacionamiento de vehículos.

Otra metodología para determinar la cantidad de módulos es la propuesta por Edward D. Mills en su libro *“La gestión del proyecto en arquitectura”*, plantea la cantidad de espacios en función del destino del edificio. Considerando que el número de cajones para centros de enseñanza superior es igual a una plaza por cada dos empleados, más una plaza cada cinco estudiantes a tiempo completo.



Obteniéndose de esta manera un número de plazas igual a 773 módulos, valor que ha sido ajustado en consideración a la zona de estudio, ya que la fórmula dada por el autor es para países desarrollados, donde la capacidad adquisitiva es mayor.

Según este procedimiento el campus Resistencia se encuentra con una deficiencia 243 módulos o plazas para el estacionamiento de vehículos.

Tomando como válidas ambas metodologías se estima un promedio de número de plazas necesarias o faltantes en la actualidad igual a 160 plazas.

Cálculo de la demanda de diseño del estacionamiento

Se consideró que para el cálculo de la demanda de diseño de estacionamiento un período de 10 años, en el cual se analizó el posible aumento en la necesidad de estacionamiento dentro del Campus.

Teniendo en cuenta el crecimiento del parque automotor del Chaco y el crecimiento de la población de los estudiantes, docentes y no docentes de las diversas facultades e institutos que se encuentran emplazados dentro de la zona de estudio.

Para poder determinar la tasa de crecimiento tanto del parque automotor como la del crecimiento poblacional del Campus, se recurrió a datos de estudios estadísticos, lo que se refiere al crecimiento automotor se extrajo del año 2.006 al 2.014 dada por el observatorio Nacional de Datos de Transporte (ONDaT) y en cuanto al crecimiento poblacional del Campus se tomo desde el año 2.008 al 2.015 extraídos de la página oficial de la Universidad Nacional del Nordeste- UNNE.

A través de estos datos se procede a realizar el cálculo de la variación anual, tanto del parque automotor como del crecimiento de la población y se obtiene así el porcentaje de crecimiento anual de la cantidad de vehículos y de la población; con esto se pudo determinar como valor final una tasa de crecimiento del parque automotor de 1,93% y de la población de 0,66 %.

Con los resultados obtenidos anteriormente se pudo determinar el número de plazas para un período de diseño de 10 años, de 294 plazas.

Análisis de alternativas de ubicación para el estacionamiento

Se analizaron cuatro opciones de ubicación:

Opción n°1: comprende el área verde en las cercanías de la estación Meteorológica y la biblioteca central, este espacio cuenta con una superficie de 4.864,71 m².

Opción n°2: siendo la zona detrás del departamento de hidráulica con un área de 1.149,15 m², la misma cuenta con una edificación de dos plantas.



Opción n°3: es la playa de estacionamiento ubicada frente al departamento de geociencias con una capacidad de albergar 40 vehículos, dicha superficie es de 1.277,20 m², encontrándose totalmente impermeabilizada.

Opción n°4: ubicada en las cercanías de la facultad de Ciencias Económicas sobre el último acceso por la Av. Castelli, dicha zona se encuentra parcialmente impermeabilizada con una superficie de 495,39 m².

la ubicación más apropiada se evaluó en base a los siguientes factores:

- ✓ Espacio físico capaz de albergar un número considerable de vehículos (área disponible)
- ✓ Accesibilidad: considerando la mayor comodidad o distancia según cada facultad o instituto.
- ✓ Zonas impermeables: tomando que éstas son más convenientes a considerar que las zonas permeables.
- ✓ Circulación interna: se calificó la mejor forma geométrica que permita las maniobras necesarias para estacionar el vehículo sean fáciles de realizar, evitando maniobras complicadas con sus posibles daños materiales a los usuarios como a la estructura del mismo
- ✓ Factibilidad de construcción: se contemplará a las mejores opciones dando prioridad aquellas en las cuales se encuentre libre de obstrucciones que dificulten la edificación.

La elección de la ubicación se realizó a través del método de análisis jerárquico. Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso que compara dichos factores a través de matrices utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior.

Se obtuvo como resultado, a través del método de análisis jerárquico la elección de la opción n°1 y la opción n°3, ya que ambas ofrecen la solución necesaria y más conveniente para tal fin.

Diseño del estacionamiento

Para poder absorber el déficit actual de espacios que posee el Campus valor que según el Reglamento de construcciones es de 40 plazas y la demanda futura es de 294 para un período de diseño de 10 años, se buscó una solución que pueda contemplar el suficiente espacio capaz de albergar a esta cantidad de vehículos, por esto se proyectó el estacionamiento en dos zonas de estudio diferentes, evaluando en primer instancia una playa de estacionamiento capaz de absorber en forma inmediata el déficit actual y a demás se proyectó un edificio en altura exclusivo para estacionamiento para absorber la demanda futura de espacios.

Playa de estacionamiento



Se evaluó que la ubicación de la playa de estacionamiento más apropiada es la opción n° 1 antes descripta, fundamentalmente porque posee el espacio suficiente capaz de contener un número considerable de plazas, el diseño de la misma se planteó teniendo en cuenta el Reglamento general de construcciones de la ciudad de Resistencia que exige las medidas mínimas necesarias de módulos y dimensiones de circulación, además se estudió que vehículos tipos concurren diariamente al Campus para así definir los radios de giros mínimos y alturas permitidas. En base a esto se determinó que el número de plazas para la playa de estacionamiento será de 82 módulos. Además se dispondrá de 46 módulos para el resguardo de motocicletas.

Edificio de estacionamiento

La ubicación del edificio de estacionamiento será en la playa de estacionamiento existente frente al departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería; opción 3.

El diseño arquitectónico se basó en el hecho de la maximización de los espacios útiles para el fin al cual se destinará, siendo en este caso la mayor cantidad de vehículos posibles a estacionar por planta, considerando las medidas adoptadas para el cajón y que las maniobras de los vehículos sean lo más simples posibles para entrar y salir del lugar de estacionamiento.

Por estas razones se adoptó un sistema de estacionamiento a 90°. El edificio consta de una planta baja capaz de albergar 29 espacios y un primer y segundo piso apto para resguardar 68 espacios más, lo que resulta como número total de cajones igual a 96 puestos.

Para acceder a los pisos superiores se diseñó una rampa curva donde se estableció en base a los criterios mencionados, siendo la rampa que más cajones permite ubicar con las maniobras más simples para las dimensiones del edificio en cuestión.

Además dicho edificio posee una azotea accesible de techos verdes, este sistema permite incrementar la retención de agua de lluvia provocando el retardo de las aguas al sistema de desagüe, compensan gran parte de las zonas verdes naturales perdidas a causa de la urbanización, humedecen el aire y reducen el calentamiento atmosférico, etc. La cubierta verde es de tipo extensiva.

Superficie de rodamiento de la playa de estacionamiento

Se optó por colocar como superficie de rodamiento en la zona de circulación de la playa, un sistema semi - permeable, ya que se busca no impermeabilizar la zona en su totalidad, es por esto que se adoptó la colocación de adoquines de hormigón conformado por capas que le dan aporte estructural y además brinda la posibilidad de desmontar los adoquines individualmente, facilitando las operaciones por cualquier reparación o instalación subterránea de cañerías por ejemplo. La particularidad del adoquín permeable es que tiene una geometría tal que una vez instalado quedan intersticios en la junta entre adoquines, posibilitando el drenaje de las aguas de lluvia.

En la zona de módulos de los vehículos se colocará ripio, ya que se busca con este sistema permitir el drenaje de las aguas pluviales hacia el terreno. La capa de rodamiento estará compuesta por una base suelo –cal compactada y una capa de material granular. El espesor de rodadura estará



compuesto por ripio natural, zarandeado o triturado con o sin incorporación de suelos, será confinado por paneles que están constituidos por tiras texturizadas y perforadas de polietileno de alta densidad, este sistema permite restringir la pérdida de material a causa del arrastre que se produce con la circulación de los vehículos.

Desagüe pluvial de la playa de estacionamiento

Para la proyección del sistema de desagües se evaluó como primera medida la topografía de la zona, identificando las curvas de nivel del terreno natural en el área de estudio. A través de estos puntos de cotas conocidas se determinaron las líneas de escurrimiento superficial con el fin de identificar y trazar los parte aguas que definen los límites de las sub áreas de aporte al sistema colector. Se definió 3 sub-áreas de aporte.

Una vez definida dichas áreas, se calculó el escurrimiento superficial directo (caudal pico) que provoca una tormenta de diseño utilizando el método racional, aplicable a cuencas urbanas de áreas inferiores a 3 km².

Determinación de los parámetros

-Coeficiente de escorrentía: representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y su valor está comprendido entre 0 y 1. Para su determinación es necesario conocer tanto las características de la superficie (uso del suelo) como el tiempo de retorno, dependiente del tipo de ocupación de área para el cual se diseñará la obra. Se determinó como tiempo de recurrencia 5 años y se estimó también las características de uso del suelo para cada sub- área de la zona en estudio. Se determinó el coeficiente de escorrentía en función al uso del suelo y tiempo de recurrencia, ver tabla n°34. Multiplicando estos coeficientes por los respectivos porcentajes de ocupación del área, se determino para cada sub-área los coeficientes de escorrentía.

-Intensidad de precipitación: la intensidad media máxima se determina a partir de la curva intensidad- duración - frecuencia (I,D,F) construida con datos medidos en el sitio de estudio. Con dichas curvas se adopta una duración de lluvia de diseño igual al tiempo de concentración de la cuenca y para una recurrencia especificada se obtiene la intensidad media máxima.

Adoptando el tiempo de duración de la lluvia Td igual al tiempo de concentración Tc de la cuenca se obtiene la intensidad de precipitación para cada sub -área.

Cálculo de caudales

Aplicando la fórmula propuesta por el método racional se calcularon los caudales correspondientes a cada sub-cuenca:



Sub - área	Caudal pico (m ³ /s)
Sub - áreas 1	0,07 (m ³ /s)
Sub - áreas 2	0,013 (m ³ /s)
Sub - áreas 3	0,09 (m ³ /s)

Elementos de desagüe

A partir de los valores de caudal pico obtenidos se dimensionó el sistema o red de desagües pluviales. Compuesto por un cordón cuneta de hormigón que recogerá el agua de lluvia y se derivara la misma a una cuneta perimetral revestida de concreto que se vincula al sistema colector exterior por medio de conductos secundarios, además se tapara la cuneta con rejillas para que permita el ingreso del agua.

-*Cordón cuneta*: recibe los excesos de agua provenientes de las sub- áreas de aporte, éste actúa como un canal, es por esto que se utiliza la ec. de Manning para el cálculo del caudal que es capaz de transportar. Se eligió las dimensiones del cordón y se verificó el caudal.

- *Cuneta perimetral*: se diseño una cuneta de forma rectangular de hormigón, la misma recibe el agua de lluvia proveniente del cordón cuneta que se vincula al mismo a través de caños de PVC de 60 mm, estos se ubican cada 1,5m transversalmente al aje longitudinal de la cuneta. Se elige sus dimensiones y se verifica el caudal.

Cálculo estructural del edificio de estacionamiento

Para comenzar el cálculo estructural se realizó el **análisis de cargas**, evaluando cargas de viento, cargas de lluvia, cargas permanentes y sobre cargas sobre los elementos estructurales que componen el edificio. Este análisis se efectuó considerando el reglamento CIRSOC –101 año 2.005

Se obtuvo como resultado para la losa tipo una carga muerta de muerta D = **4,85 kN/m²** y para la losa de azotea una carga muerta D = **5,81 kN/m²**.

El CIRSOC 201 Cap. 9.2.1 otorga las combinaciones mínimas que se deben analizar al momento de dimensionar una estructura de hormigón armado.

Para losa tipo U = **9,82 $\frac{kN}{m^2}$**

Para azotea U = **15,34 $\frac{kN}{m^2}$**

Cálculo de losas

El sistema estructural adoptado para las losas es de losas continuas, para aprovechar la distribución de tensiones, y obtener de esta manera menores deformaciones en el tramo con su consecuente menor consumo de materiales.



A partir de esto procedemos a realizar un pre-dimensionado del espesor a adoptar en primera medida, el cual consecuentemente se verificó. Para esto consideramos lo establecido como primera aproximación en el **CIRSOC 201 Cap. 9.5.3.3**. Arrojando como resultado un espesor de 15cm.

Para el cálculo de las losas continuas se utilizará el método de Marcus, el cual considera a la losa formada por dos grupos de fajas, una en la dirección de X y la restante en la dirección de Y. Donde el método presenta las siguientes hipótesis de cálculo:

- Cada faja se toma con sus correspondientes condiciones de apoyo.
- Las deformaciones de ambas fajas coinciden en el punto central.
- Cada haz de faja se considera con una parte de la carga total q :

Para el cálculo de las reacciones en cada losa se realizó la redistribución de cargas, aplicando la distribución de área de influencia en cada sector de la losa, quedando formada sub-áreas. Ver plano n°9 y n°10.

Con la tabla de Marcus se obtuvieron los coeficientes y se calcularon para cada losa sus respectivas reacciones y momentos.

Con todas las solicitaciones calculadas procedemos a realizar las comprobaciones de similitud de momento en las losas para corroborar que la sustentación adoptada verifique, y de ser así si es necesario compatibilizar los momentos en apoyo adecuando en ese caso los momentos en el tramo.

El CIRSOC 201 establece que, si los momentos de empotramiento perfecto de losas son similares, con diferencias hasta el 20% significa que las rigideces de ambas losas sobre el borde común también son similares, es decir, que la condición de borde adoptada es correcta. El desequilibrio será absorbido aproximadamente la mitad por cada losa.

El **dimensionado** de las losas se resolvió cubriendo los momentos con armaduras a flexión y además se verificó la resistencia al corte para cada losa, es importante aclarar que debido a que hay losas que comparten igualdad en cuanto a condiciones de borde como de dimensiones, solo se calcularon las que son distintas. Esto se calculó según la disposición en dirección x e y.

Cálculo de vigas

Las vigas se calculan considerándolas como vigas continuas, esta hipótesis de cálculo permite obtener una mejor distribución de las solicitaciones de flexión, lo cual lleva a una reducción en la sección de acero a utilizar. Además para considerar la peor condición de carga se utilizará como esfuerzo a soportar a las reacciones de las losas cruzadas, las cuales fueron dimensionadas bajo la condición más desfavorable.

El cálculo se inicia con la transferencias de carga de las losas a las vigas ubicadas en forma paralela al eje X-X, y subsecuentemente las vigas paralelas al eje Y-Y. Posteriormente se calcularon las solicitaciones (esfuerzo de momento y corte) con el programa F-tool.



Para el **dimensionado**, se adoptó en primera instancia las secciones de la viga y se seleccionó el tipo de hormigón a utilizar (H-30 según CIRSOC 201-tabla 2.5) y el acero ADN 420 (adopción según CIRSOC 201- 3.6.1). El cálculo se realizó por resistencia a flexión cubriendo los momentos con armaduras de acero, absorbiendo los momentos tanto para el tramo como para el apoyo de la viga, además se verificó la resistencia al corte para cada viga.

Cálculo de columnas

Para el cálculo de las columnas que conforman la estructura del edificio de estacionamiento, se consideró la situación más desfavorable, por lo que se identificó las columnas con cargas más elevadas, calculándose cada columna según su ubicación, es decir se tomó una columna interna, una columna de borde y una columna de esquina, para los distintos niveles. Las nomenclaturas de las columnas pueden verse en el plano n°11. Las columnas están sometidas a esfuerzos normales y de momento, por lo que se absorbió dichos esfuerzos a través de la sección de hormigón de la misma y de acero.

Para el cálculo de la armadura se utilizó los diagramas de interacción para flexo-compresión recta, del CIRSOC 201-2005.

Cálculo de fundaciones

Para el cálculo de las fundaciones se adoptó el diseño de bases aisladas ya que las cargas resultantes no son tan elevadas y las dimensiones de espacio disponibles son suficientes para este tipo de estructura.

Se evaluó en primera instancia la resistencia que nos ofrece el suelo, a través de ensayos de SPT, para una zona muy próxima a la zona de estudio. Con estos datos se determinó la cota de fundación a la cual estarán ubicadas las bases, será a los 2m de profundidad donde el estrato de suelo posee una resistencia relativamente buena, si bien los estratos de suelo inferiores poseen un número de golpes aun mayor, no se decidió ir a mayor profundidad ya que la napa freática se encuentra a los 2,40m siendo la relación beneficios costos de deprimir la napa negativa, por costos de excavación, dificultades en la construcción, etc.

De acuerdo a los ensayos se determinó que la tensión admisible que nos ofrece el suelo es de $\sigma_{Adm} = 87,76 \frac{KN}{m^2}$ para un asentamiento tolerable que ronda los 5 cm, valor que se encuentra dentro de los parámetros aceptados.

Dimensionado de las bases

Para determinar las dimensiones de la base se consideró la carga de diseño máxima (sin considerar la mayoración de carga) que se transmite de columna a la fundación, siendo la misma igual P_s igual



a 95,91 tn, con esta carga se determinó que las dimensiones de la bases cuadradas serán de 3,30m * 3,30 m.

El dimensionamiento de la armadura sometidas a flexión según ambas direcciones (x e y) será de:
1 $\emptyset 16$ cada / 25 cm

Cómputo y presupuesto. Evaluación económica

Se llevó a cabo el cómputo métrico y el análisis de precios de los items o rubros que conforman la construcción de la obra, evaluando los precios de materiales, mano de obra y equipos que intervienen en los mismos, a través de estos factores se determinó el presupuesto de la obra. Además se realizó la evaluación económica con los beneficios y costos sociales que implica la misma.

Para la evaluación económica se analizaron como beneficios los puntos más importantes, como ser: optimización del tiempo que requiere el usuario para entrar y salir del Campus – Resistencia, evitando el congestionamiento vehicular a la salida del mismo, valoración del estacionamiento del Campus por parte de los usuarios, asimilando los probables daños que ocasiona dejar el vehículo en la vía pública por inseguridad, se analiza el costo monetario que lleva la reparación del vehículo por tal situación.

En cuanto a los costos sociales, conforman todos aquellos costos económicos generados por la materialización de la obra, es decir, los recursos sacrificados para la ejecución del estacionamiento del Campus, tanto de la playa de estacionamiento como del edificio de estacionamiento en altura.

Determinados estos beneficios y costos sociales, se realizó el flujo de fondos y luego se calcularon los siguientes indicadores de rentabilidad económicos, siendo los resultados los siguientes:

- Valor Actual Neto (VAN) con una tasa de descuento del 12%: \$ 1.093442,12
- Tasa Interna de Retorno (TIR) :14%
- Relación Beneficio/Costo :1,84

Estos resultados de los indicadores permiten decir que el proyecto es rentable desde el punto de vista social.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1	1
Análisis de antecedentes	1
1.1 Introducción	1
1.2 Recopilación y análisis de antecedentes.....	4
1.3 Diagnostico de la situación actual.....	5
CAPÍTULO 2	16
Estudio de la capacidad actual y futura del estacionamiento	16
2.1 Cálculo de la demanda actual del estacionamiento.....	16
2.2 Cálculo de la demanda de diseño del estacionamiento.....	22
2.3 Determinación del número de plazas para el período de diseño.....	30
CAPÍTULO 3	31
Análisis de alternativas de ubicación para el estacionamiento	31
3.1 Descripción del método de análisis jerárquico.....	33
3.2 Aplicación del método de análisis jerárquico.....	35
CAPÍTULO 4	44
Diseño del estacionamiento	44
4.1 Playa de estacionamiento.....	44
4.1.1 Deducción de las dimensiones de la zona de resguardo contigua a la estación meteorológica.....	45
4.1.2 Configuración de la disposición de los puestos de estacionamientos.....	45
4.1.3 Determinación del vehículo tipo	47
4.1.4 Determinación de la capacidad de la playa de estacionamiento.....	48



4.2 Edificio de estacionamiento.....	52
4.2.1 Capacidad del edificio.....	53
4.2.2 Rampa del edificio.....	53
4.2.3. Diseño arquitectónico del edificio.....	53
4.2.4. Azotea.....	53
CAPÍTULO 5	60
Superficie de rodamiento de la playa de rodamiento de la playa de estacionamiento.....	60
5.1 Zona de tránsito vehicular	60
5.1.1 Características de la superficie de rodamiento.....	61
5.1.2 Diseño del paquete estructural.....	61
5.2 Zona de módulos.....	69
5.2.1 Diseño del paquete estructural.....	70
CAPÍTULO 6	74
Desagües pluviales de la playa de estacionamiento.....	74
6.1 Determinación de los parámetros.....	75
6.1.1 Coeficiente de escorrentía.....	75
6.1.2 Intensidad de precipitación.....	76
6.2 Cálculo de caudales.....	78
6.3 Determinación de las dimensiones del sistema de desagües.....	78
6.3.1 Cálculo del cordón cuneta.....	79
6.3.2 Cálculo de la cuneta perimetral de la playa de estacionamiento.....	80
6.4 Cálculo de los conductos secundarios.....	82



CAPÍTULO 7	83
Cálculo estructural del edificio de estacionamiento.....	83
7.1 Análisis de cargas.....	83
7.1.1 Cargas de lluvia.....	84
7.1.2 Cargas de viento.....	85
7.1.3 Cargas sobre losa tipo.....	89
7.1.4 Cargas sobre azotea	90
7.2 Cálculo de losas.....	91
7.2.1 Cálculo estático de losa de planta tipo.....	93
7.2.2 Cálculo estático de losa de azotea.....	113
7.2.3 Dimensionamiento de losa de planta tipo.....	136
7.2.4 Dimensionamiento de losa de azotea.....	140
7.3 Cálculo de vigas.....	143
7.3.1 Solicitaciones en vigas de planta tipo.....	144
7.3.2 Solicitaciones en vigas de azotea.....	157
7.3.3 Dimensionamiento de vigas planta tipo.....	170
7.3.4 Dimensionamiento de vigas de azotea.....	175
7.4 Cálculo de columnas.....	181
7.4.1 Cálculo de columna centrada.....	182
7.5 Cálculo de la rampa del edificio.....	191
7.5.1 Aplicación del método.....	192
7.6 Cálculo de fundaciones.....	196
7.6.1 Capacidad de carga.....	196
CAPÍTULO 8	211



Cómputo métrico, análisis de precios y presupuesto.....	211
8.1Cómputo métrico.....	211
8.2 Análisis de precios.....	212
8.3 Presupuesto.....	212
CAPÍTULO 9	215
Evaluación económica.....	215
9.1 Beneficios sociales.....	215
9.2 Costos sociales.....	222
9.3 Indicadores de rentabilidad.....	226





Capítulo 1

Análisis de antecedentes

1.1 Introducción

En el presente trabajo se llevó a cabo el estudio del estacionamiento vehicular del campus de la Universidad Nacional del Nordeste, de la ciudad de Resistencia – Chaco, ver figura n°1. Dicha ciudad es la capital y ciudad más poblada de la provincia del Chaco, Argentina, además de su principal centro social y económico. Es a su vez la cabecera de un área metropolitana, conocida como Gran Resistencia, que en el año 2.010 alcanzaba los 385.726 habitantes. Se halla ubicada al sudeste de la provincia, sobre la orilla derecha del río Paraná, se encuentra a 18 km de la ciudad de Corrientes, a la cual la vincula el puente General Belgrano, ver figura n°2. Entre ambas forman un conurbano de cerca de 800.000 habitantes. Es importante destacar tal conexión entre las dos ciudades ya que diariamente concurren alumnos y docentes de la ciudad de Corrientes al Campus - Resistencia a realizar actividades como cursar las diferentes carreras, por motivos de estudio o trabajo, lo que implica un mayor número de flujo de vehículos a dicho destino.

Este trabajo tiene por objetivo optimizar el sistema de estacionamiento vehicular a través de una obra de ingeniería capaz de aumentar el número de plazas disponibles para el estacionamiento de los automóviles de los usuarios de dicho campus, disminuyendo de esta manera la pérdida de tiempo y malestar de los mismos ante la falta de espacio destinada a tal fin.

El predio del Campus se encuentra ubicado en Av. Las Heras 727 de la ciudad de Resistencia – Chaco, inscripto en la dirección de catastro de la provincia del Chaco como perteneciente al Dpto. 20, Circ. 002, Secc. 0C, Quinta 0000, fracción 0000, Mz. 0000, parcela 0000 y 0004 (figura n°3). Además se encuentra en una zona estratégica n° 7 según la clasificación dada por la municipalidad de Resistencia y bajo una zona de ocupación de suelo E6, es decir, una zona de equipamiento en la cual se pueden alojar usos que por sus características pueden ocasionar un grado de molestias a las zonas residenciales, pero particularmente en el caso del campus Resistencia corresponde a un terreno de apreciables dimensiones ocupada por un equipamiento importante dentro de la ciudad y que su remoción no aparece necesaria ni previsible a corto mediano plazo.



Figura n° 1 Mapa político de la República Argentina, indica provincia del Chaco, lugar de estudio.
(fuente: <https://www.google.com.ar/mapa-politico-argentina>)

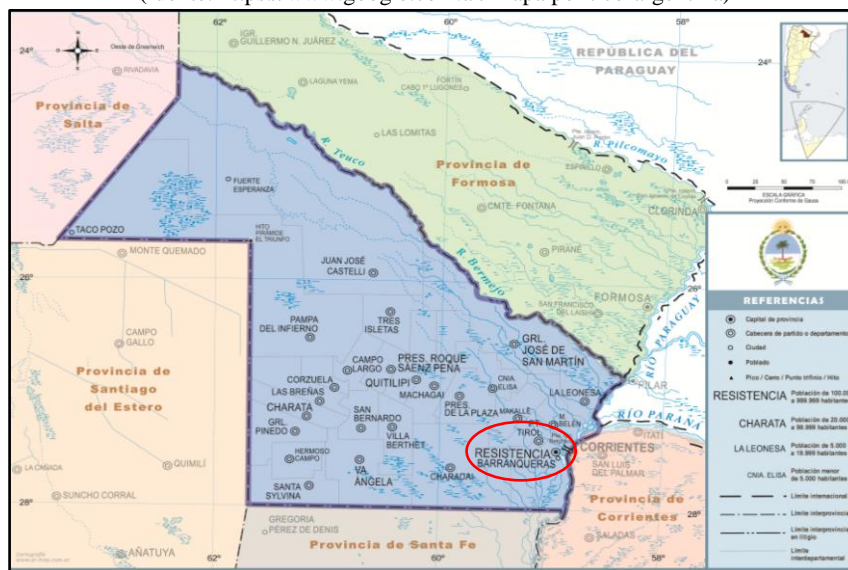


Figura n° 2. Provincia del Chaco, ubicación zona de estudio ciudad de Resistencia.
(fuente: <https://www.google.com.ar/maps/place/Chaco>)

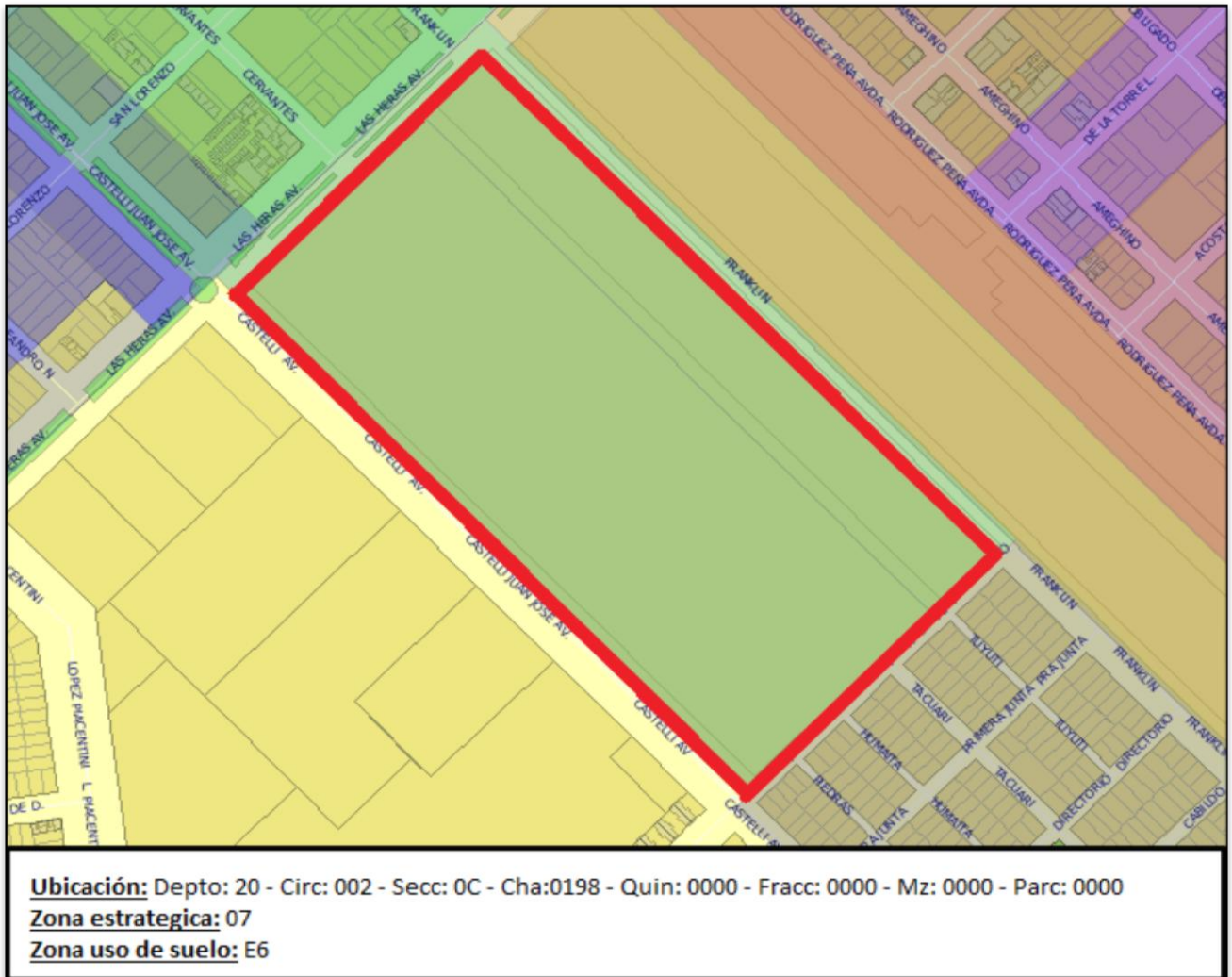


Figura n° 3 ubicación catastral del campus Resistencia y su clasificación según su zona estratégica y uso de suelo (fuente: elaboración propia)



1.2 Recopilación y análisis de antecedentes

Se llevó a cabo la recopilación de información a través de los diferentes departamentos de la Facultad de Ingeniería y Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste, como ser: Departamento de Estabilidad, Vías de Comunicación, Hidráulica, Geociencias. Además información brindada por la Municipalidad de la ciudad de Resistencia.

Mediante estos pudimos acceder a:

- Planialtimetría del Campus universitario: planos digitales que contienen las diferentes edificaciones y pavimento de circulación existentes. También, se pueden observar las curvas de niveles, los puntos fijos presentes en el campus, cotas de desagües y de suelo natural. Brindado por el Departamento de Hidráulica de la Universidad Nacional del Nordeste.
- Planimetría – ubicación esquemática: contiene información sobre los portones de accesos y salidas, casillas de vigilancia, ingreso a facultades e institutos, circulación vehicular obligatoria, barrera control de paso, etc. Obtenidos a través de planos brindados por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE.
- Datos topográficos, adquiridos a través del departamento de Vías de Comunicación y el departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE.
- Datos geotécnicos: contiene las características mecánicas de suelos realizados en zonas de alrededores del campus, se puede observar la clasificación de los suelos de acuerdo al Sistema Unificado de Suelos (SUCS), ensayos triaxiales (donde se determina los parámetros de resistencia al corte de los suelos), ensayos de Penetración Estándar SPT, brindados por el Ing. Bosh Dante docente de la Facultad de Ingeniería de la UNNE.
- Reglamento General de Construcciones de la ciudad de Resistencia: contiene todas las reglamentaciones dadas por la Municipalidad, en base al control de usos y ocupación del suelo que deben cumplir las edificaciones según sea su zonificación. Ubicación catastral del campus, adquirido a través de la Municipalidad de la ciudad de Resistencia. Año 1.990
- Códigos y Normas de construcción vigente y/o usada regularmente. En el ámbito nacional las normas CIRSOC-Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Año 2.005
- Análisis de estadística del crecimiento poblacional del campus, obtenido a través de la página de la UNNE, (<http://www.unne.edu.ar/>) .Año 2.015
- Datos del parque automotor de la ciudad de Resistencia. Obtenidos a través del Observatorio nacional de datos de transporte – centro tecnológico de transporte, tránsito y seguridad vial – Universidad Tecnológica Nacional. Año 2.016

Para complementar los datos recopilados se llevó a cabo un relevamiento de los espacios disponibles para estacionamiento dentro del campus, se efectuó un censo de flujo vehicular a la entrada y salida en las horas picos. Además se llevó a cabo una inspección visual del estado del



pavimento de las vías de circulación a fin de determinar el índice de estado del mismo, con el objetivo de establecer la necesidad de realizar tareas de mantenimiento.

1.3 Diagnóstico de la situación actual

Estacionamiento

El campus universitario localizado en el sector sudoeste de la ciudad de Resistencia, capital de la provincia del Chaco, ubicado concretamente en la intersección de las avenidas Las Heras y Juan José Castelli, (Fig. n°4). Dicho establecimiento de educación superior reúne a diversas Facultades: Arquitectura y Urbanismo, Ciencias Económicas, Humanidades e Ingeniería, e institutos de Medicina Regional, Biblioteca Central, Farmacia, Obra Social.

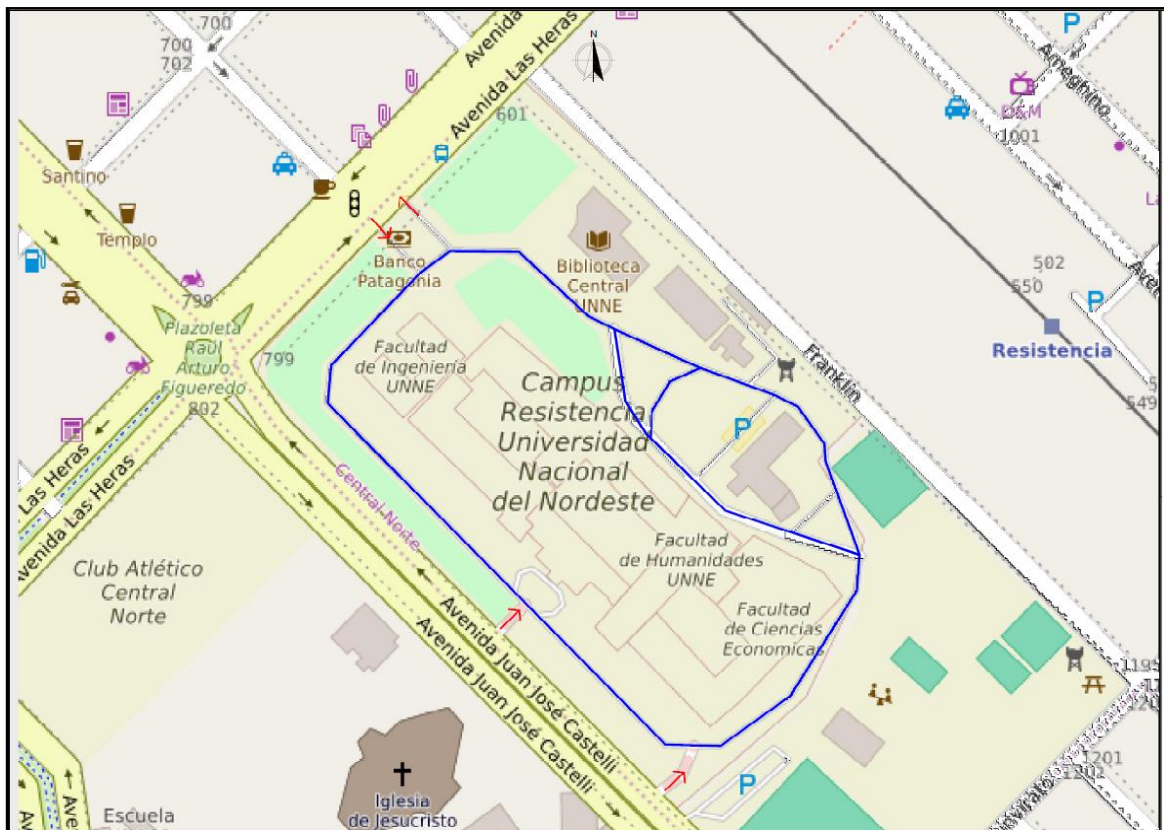


Figura n°4. Ubicación del Campus Resistencia de la Universidad Nacional del Nordeste.
(fuente: Google Maps)

De acuerdo a estadísticas realizadas en los últimos años, 2.015-2.016, el complejo educativo cuenta con 1.975 personas como personal docente, 327 personal no docente, y 16.528 estudiantes¹ inscriptos

¹ ESTADISTICAS UNNE. Personal docente, no docente y estudiantes inscriptos. [en línea]. [Año: 2.016]. Disponible en:
<http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/estudiantes2015.pdf>
<http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/docente2016.pdf>



en las diferentes carreras universitarias, lo cual supone una población de 18.830 usuarios hasta el año 2016.

La superficie territorial del campus es de 9,85 ha, de las cuales 1,72 ha están destinadas al pavimento de circulación y espacio para el estacionamiento de vehículos; dicho espacio de circulación se ve afectado por la falta de lugar para el estacionamiento de los automóviles provocando en ciertas zonas estrangulaciones que impedirían que en caso de emergencia el ingreso vehículos de mayor porte, como ser camiones de bomberos o ambulancias. Además se observa la falta de educación vial de los conductores que tienen como hábito estacionar en lugares indebidos al no encontrar un lugar destinado a dicho fin, provocando la interrupción a la libre circulación.

El campus cuenta con puntos importantes, uno de ingreso ubicado sobre la Av. Las Heras y otro de egreso ubicado sobre la misma avenida, de tipo vehicular y otros dos puntos de ingreso y egreso de tipo peatonal.

Además existen dos puntos sobre la Av. Castelli de tipo vehicular uno de ingreso a la altura de la entrada al Aula Magna y otro punto de egreso a pocos metros del ingreso de la Facultad de Ciencias Económicas. Cabe destacar que ambos puntos se encuentran clausurados imposibilitando el ingreso y egreso de los mismos.

El espacio de circulación y estacionamiento vehicular rodea todo el campus universitario, conformando un “anillo” que envuelve a las diferentes Facultades e Institutos. Observaciones efectuadas en el lugar permitieron detectar numerosas situaciones en cuanto a la molestia de los conductores de tener que salir y volver a entrar al campus debido a no encontrar espacio para el estacionamiento de los vehículos. Dicho espacio de circulación y estacionamiento vehicular permite el estacionamiento de 530 vehículos incluidos los espacios reservados para las autoridades de las diferentes facultades e instituciones.

Según el reglamento general de construcciones de la ciudad de Resistencia, apartado 3.6.1 *“Será obligatorio destinar a esos usos, una superficie libre o cubierta equivalente al 10% de la superficie total cubierta entendiéndose que dicha superficie se contará libre de circulaciones (estacionamiento exclusivamente.)”*. Siendo la superficie total cubierta del campus de 2,92 ha, y la superficie exclusivamente para estacionamiento de 0,21 ha, lo cual indicaría que el 10% de la superficie total cubierta es de 0,29 ha, observándose una deficiencia de 800 m² destinado para dicho espacio.

Se realizó un relevamiento del flujo vehicular por conteo manual dentro del campus midiendo en los puntos de la entrada y salida de vehículos sobre la Av. Las Heras en los horarios pico de 8:00h a 9:00h y de 16:00h a 17:00h en el acceso, de 11:30h a 12:30h y de 18:00h a 19:00h en el egreso, los días: lunes 29 de agosto de 2.016, miércoles 31 de agosto de 2.016 y viernes 02 de septiembre de 2.016. Pudimos observar en el conteo que en su mayoría se encuentra a bordo una persona por vehículo.

Observándose los valores promedio en la tabla n°1:



Tabla n°1. Censo del flujo vehicular medido en horas pico

Entrada de vehículos		
Horario	8:00 h a 9:00 h	16:00 h a 17:00 h
Automóviles camionetas	200	268
Motocicletas	49	100
Bicicletas	10	14

Salida de vehículos		
Horario	11:30 h a 12:30h	18:00 h a 19 h
Automóviles camionetas	226	191
Motocicletas	75	82
Bicicletas	8	12

Promedio	
Automoviles - Camionetas	221
Motocicletas	77
Bicicletas	11

(fuente: elaboración propia)

Considerándose los datos obtenidos a partir de las mediciones hechas en campo se elaboró el gráfico n° 1, donde se puede apreciar la incidencia en el flujo vehicular de los automóviles y camionetas representando un 72% del mismo, por ende, la importancia de disponer espacios adecuados para el estacionamiento de estos.

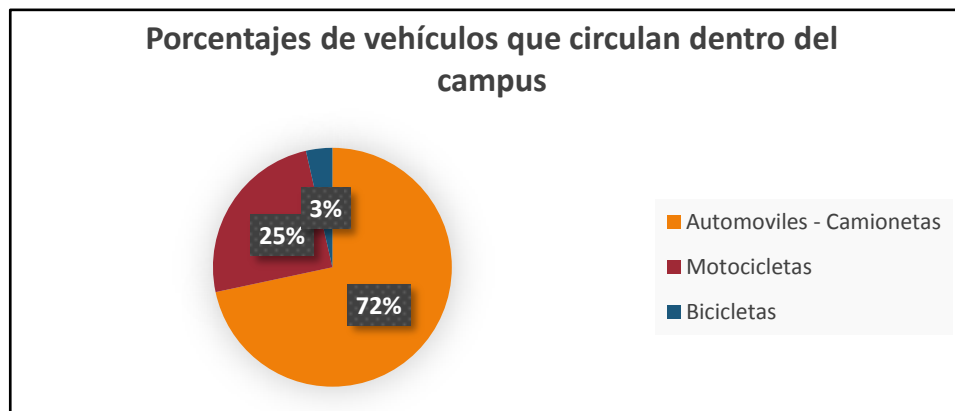


Gráfico n° 1. Diagrama de torta de los diferentes tipos de vehículos participantes en la circulación dentro del campus Resistencia.
(fuente:elaboración propia)

Se considera como volumen de diseño igual a 221 vehículos/h (promedio de los automóviles y camionetas que ingresaron y egresaron en todos los días que se realizó el relevamiento). Denominándose como la hora de diseño correspondiente a las horas pico donde se presenta el mayor flujo vehicular.



Debido a que no se dispone de mediciones del valor del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), se lo determinó teniendo en cuenta el volumen horario de diseño, considerando el factor K, que se define como:

$$K = \frac{\text{Volumen de diseño}}{\text{TMDA}}$$

Dicho factor varía entre 0,151 y 0,067; disminuyendo a medida que aumenta la importancia de la ruta. En base a ese criterio se adoptó el valor máximo, ya que la categoría del camino es baja.

Despejando de la fórmula anterior el valor del TMDA, obteniendo un valor de:

$$\text{TMDA} = \frac{221 \text{ Vehículos/hs}}{0,151} = 1464 \text{ Vehículos/día}$$

Pavimento

El índice de estado (IE) es un coeficiente que refleja el estado en el que se encuentra un determinado pavimento. Este valor tiene en cuenta todas las fallas más significativas que afectan al mismo, en el caso de pavimento rígido, que es el tipo de pavimento del campus Resistencias, las fallas que inciden en el IE son la deformación longitudinal y la fisuración.

El IE varía de 0 a 10, donde un valor entre 10 y 7 indican un estado bueno del pavimento; un valor entre 7 y 5 un estado regular, para el cual sería conveniente encarar oportunamente las fallas con tareas de mantenimiento a fin de evitar su rápida destrucción; mientras que un valor inferior a 5 refleja un pavimento sumamente fallado que requiere atención de forma urgente.

Para el caso de pavimentos rígidos, el índice de estado responde a la siguiente ecuación:

$$IE = 10 * e^{-(0,05 * D_1 + 0,09 * D_3)}$$

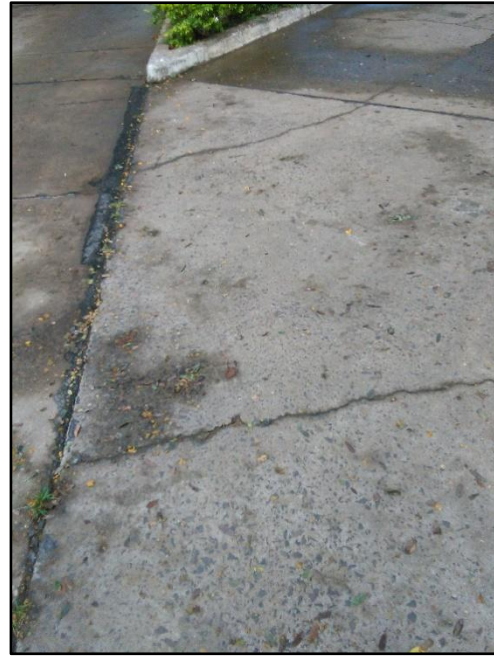
Dónde: D_1 es la deformación longitudinal que presenta dicho pavimento, este coeficiente varía de 0 a 10 según la rugosidad dada a través del rugosímetro analizador del perfil longitudinal.

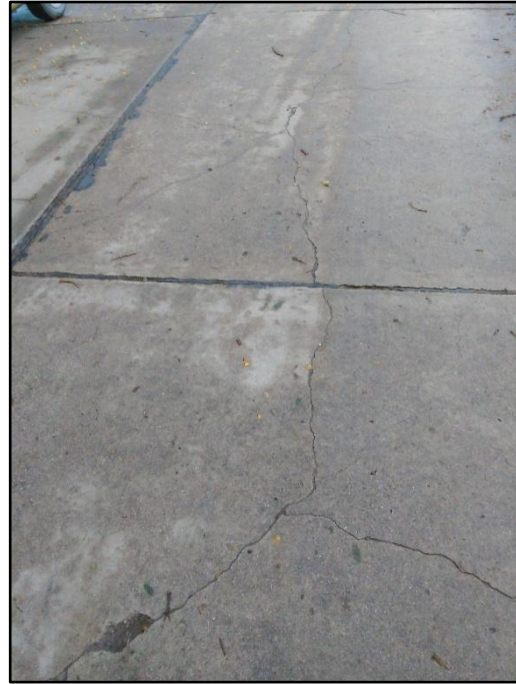
D_3 consiste en la fisuración que presenta el pavimento, este valor se lo determina a través de un relevamiento visual, comparando las fisuras existentes con un catálogo de fotografías de fisuras tipo. En el catálogo tipo se indican valores absolutos 2, 4, 6, 8 y 10 del coeficiente D_3 , el cual se puede interpolar según corresponda.

A través de la inspección ocular realizada el día 8 de noviembre del 2016 consideramos al pavimento del Campus dividido en 9 tramos, se puede observar en el plano n°1, en los cuales se puede visualizar que varios de esos tramos presentan un mismo grado de fisuración.



Para los tramos 1, 3, 7 y 9 consideramos un valor D_3 igual a 2, ya que el pavimento posee fisuras finas aisladas, ubicadas al azar, sin formar celdas, apreciándose esto en las siguientes imágenes:

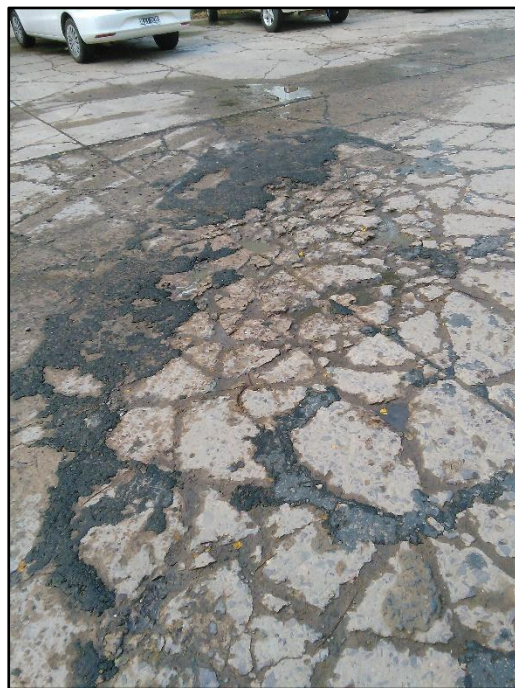
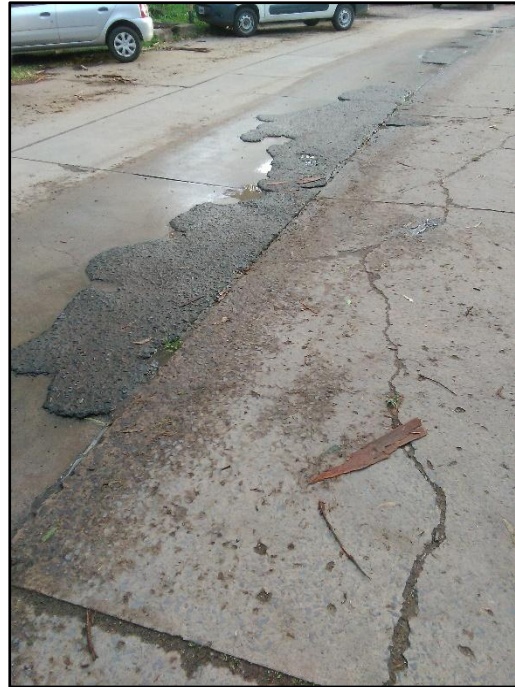




Fotografías n° 1: fisuras en el pavimento en los tramos 1, 3, 7, 9.
(fuente: elaboración propia)



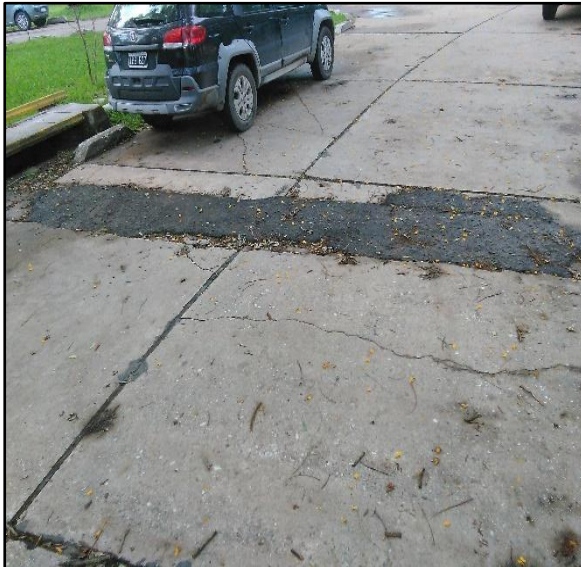
Adoptamos un coeficiente D_3 igual a 8 para los tramos 2 y 4, debido a que el pavimento presenta agrietamientos y desprendimientos profundos, variación del perfil de la calzada y formación de baches aislados como se puede ver en las siguientes fotografías:





Fotografía n° 2. Fisuras en el pavimento en los tramos 2 y 4.
(fuente: elaboración propia)

En los tramos 6 y 8 adoptamos un coeficiente D_3 igual a 6, porque el pavimento muestra importantes fisuras longitudinales, transversales, diagonales que subdividen a las losas en pequeños paños con existencia de tareas de bacheo con mezcla asfáltica, observándose las condiciones citadas en las siguientes imágenes:





Fotografía n° 3. fisuras en el pavimento en los tramos 6 y 8.
(fuente: elaboración propia)

Como no contamos con datos de relevamientos previos de la deformación longitudinal del pavimento de circulación interior del campus y tampoco disponemos del instrumento necesario para



determinar con exactitud el valor de dicho coeficiente, procedemos a realizar las tablas n° 2, 3 y 4 donde se observa como varía el índice de estado considerando los diferentes valores que puede tener el coeficiente de deformación longitudinal.

Tabla n°2

Cálculo de IE en función de D1 para los tramos 1, 3, 7 y 9		
D1	D3	IE
0	2	8,35
1	2	7,95
2	2	7,56
3	2	7,19
4	2	6,84
5	2	6,51
6	2	6,19
7	2	5,89
8	2	5,60
9	2	5,33
10	2	5,07

(fuente: elaboración propia)

Tabla n° 3

Cálculo de IE en función de D1 para los tramos 2 y 4		
D1	D3	IE
0	8	4,87
1	8	4,63
2	8	4,40
3	8	4,19
4	8	3,99
5	8	3,79
6	8	3,61
7	8	3,43
8	8	3,26
9	8	3,10
10	8	2,95

(fuente: elaboración propia)



Tabla n°4

Cálculo de IE en función de D1 para los tramos 6 y 8		
D1	D3	IE
0	6	5,83
1	6	5,54
2	6	5,27
3	6	5,02
4	6	4,77
5	6	4,54
6	6	4,32
7	6	4,11
8	6	3,91
9	6	3,72
10	6	3,53

(fuente: elaboración propia)

Esto nos indica que considerando un valor en la posición más favorable en cuanto a la deformación longitudinal, en casi todos los tramos el pavimento se encuentra en estado regular a malo. En los tramos 2 y 4 se encuentra en estado sumamente fallado necesitando de manera urgente un programa de mantenimiento. Algo similar ocurre con los tramos 6 y 8 en donde se puede observar que el pavimento se encuentra en estado de regular a malo necesitándose una atención urgente para evitar un deterioro peor del que ya cuenta, en cuanto a los tramos anteriores el nivel de urgencia es menor. En cambio, en los demás tramos el pavimento posee un IE tal que lo clasifica en estado de bueno a regular.



Capítulo 2

Estudio de la capacidad actual y futura del estacionamiento

2.1 Cálculo de la demanda actual de estacionamiento

En esta instancia se tratará de establecer el número de plazas necesarias con las que el Campus Resistencia debe contar en la actualidad para el correcto funcionamiento del sistema, a fin de evitar el colapso del mismo y las consecuencias que esto acarrea, como las citadas anteriormente.

Los espacios necesarios para estacionamiento se pueden determinar en base a lo expresado en el manual para el diseño de estacionamientos de Rodolfo Cruz Toral, donde se extrae la siguiente ecuación para determinar dicha superficie:

$$N^{\circ} \text{ de cajones } C / 100 \text{ m}^2 = \frac{NE * P\%}{FU}$$

Donde:

- NE: es el número de usuarios que asisten por día, por cada 100
- m² de superficie cubierta del edificio
- P%: es el porcentaje de estos usuarios que llegan en automóvil.
- FU: se denomina como factor de uso, el cual se considera normalmente con un valor igual a 1,5.

Definiéndose al término cajón como el área que ocupa un vehículo estacionado de medidas estándar (automóviles y utilitarios livianos), siendo esta igual a 20 m².

Como se ha explicado el Campus Resistencia tiene una población de 18.830 usuarios inscriptos en las diferentes facultades que funcionan en dicho predio. El número de personas que asisten diariamente es un tanto menor que la cantidad de inscriptos, siendo este valor igual a 7.000 usuarios por día² representando aproximadamente un 37,17% de la población inscripta.

En base a estos datos se determina la cantidad de usuarios por día por cada 100 m² de superficie cubierta existentes dentro del Campus Resistencia mediante la siguiente relación:

$$NE = \frac{N^{\circ} \text{ Usuarios} / \text{Día}}{\text{Sup. cubierta}} * 100 = 7.000 \frac{\text{Usuarios}}{\text{Día}} * \frac{100}{29.240 \text{ m}^2} = 24 \frac{\text{Usuarios}}{\text{Día} * 100 \text{ m}^2 \text{ de sup. cub.}}$$

Con el fin de determinar el porcentaje de personas que concurren en vehículos diariamente para así poder calcular la demanda de plazas de vehículos del Campus universitario se realizó una encuesta

² Universitarios consiguieron que se optimice la seguridad en el campus Resistencia. (10 de abril de 2012). Diario norte. Recuperado de <http://www.diarionorte.com/article/73345/universitarios-consiguieron-que-se-optimice-la-seguridad-en-el-campus-resistencia->



de manera personal a 60 usuarios incluyendo a los alumnos, docentes, no docentes de las diferentes facultades e institutos del Campus Resistencia.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

- ¿Qué medio utiliza para llegar al Campus Universitario?
- ¿Con que frecuencia viene a la Universidad?
- ¿Cuánto tiempo permanece en la Universidad?
- ¿Cuál es el motivo de su visita?
- ¿Qué precio estaría dispuesto a pagar por el estacionamiento, durante la jornada?

De las encuestas se obtuvo una muy variada información muy útil para determinar el funcionamiento actual del campus en cuanto al sistema de estacionamiento. En el grafico n° 2 el primer valor importante que se obtiene es el porcentaje de usuarios que utiliza su propio vehículo para llegar al campus, indicando que el 13% de los usuarios viene en automóvil y que este porcentaje de usuarios es el que necesita de un espacio destinado para el estacionamiento de dicho móvil.

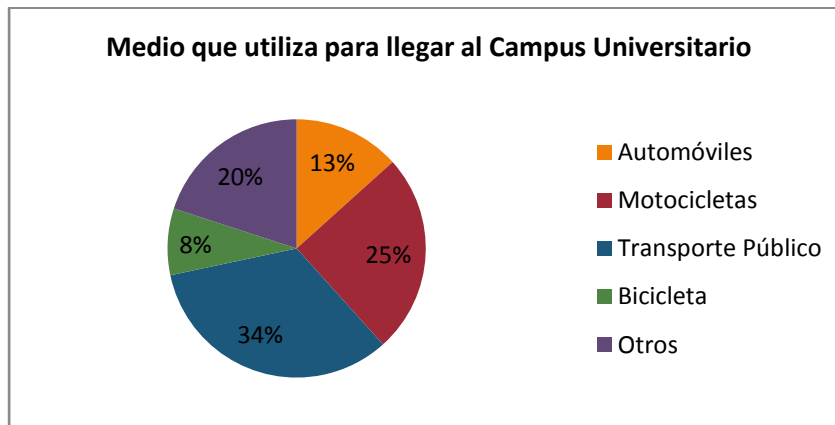


Grafico n° 2. Porcentajes de los diferentes medios de transporte utilizados por los usuarios del campus Resistencia.
(fuente: elaboración propia)

Del grafico n° 3 podemos observar la distribución con la cual los usuarios del campus concurren semanalmente al mismo, concluyendo que la mayoría de los encuestados asisten entre 4 a 5 días a la semana.

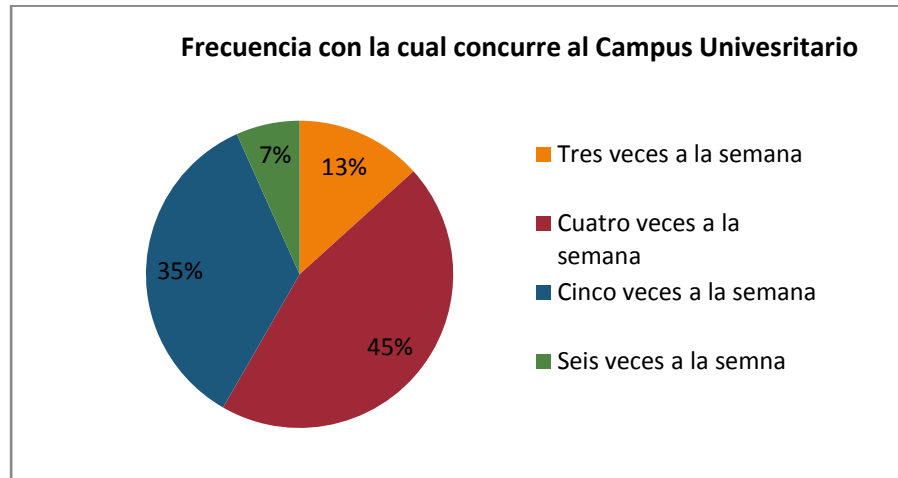


Grafico n° 3. Porcentajes de la frecuencia con la cual los usuarios asisten semanalmente al campus.
(fuente: elaboración propia)

Con el gráfico n° 4 podemos determinar que la mayoría de los usuarios tiene un tiempo de permanencia dentro del campus mayor a 4 horas, realizando la salvedad que los encuestados que han dicho esto aclararon de que esto es debido a que realizan doble turno.

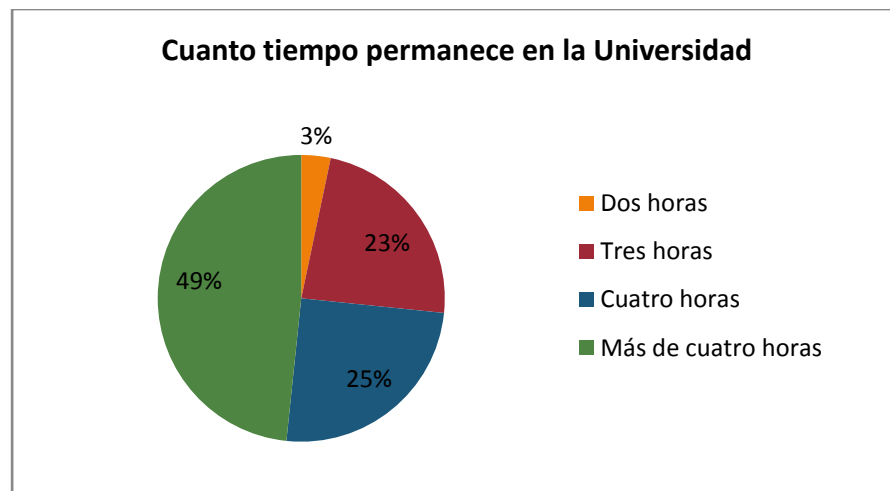


Grafico n° 4. Porcentajes del tiempo de permanencia de los diferentes usuarios dentro del campus Resistencia.
(fuente: elaboración propia)

Observando el grafico n° 5 podemos determinar que la mayoría de los encuestados vienen al campus con el objetivo de estudiar, ya que los mismos son estudiantes de las diferentes carreras que ofrecen las diferentes facultades emplazadas en el campus.

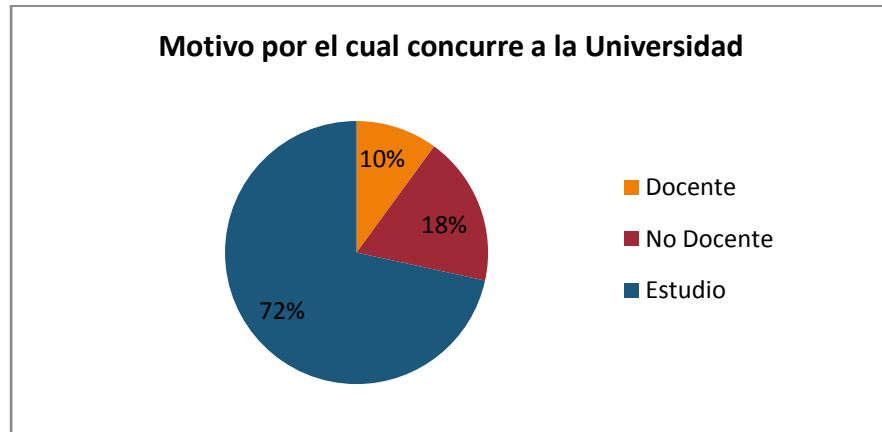


Grafico n° 5. Porcentaje de los diferentes usuarios encuestados del campus.
(fuente: elaboración propia).

Realizando una separación del conteo de usuarios que viene en automóvil en función a si son estudiantes o empleados del campus se obtuvo que 9,30% de los estudiantes y 23,53% del personal utiliza su propio automóvil para llegar al campus.

Con la intención de saber en cuanto valorizan los diferentes usuarios el hecho de poder estacionar dentro del campus, se realizó la pregunta a los encuestados ¿hasta qué precio estaría dispuesto a pagar el estacionamiento, por la jornada?, las respuestas fueron muy variadas y con actitudes muy diferentes unas de otras.

En el grafico n° 6 se puede observar los porcentajes de dichas respuestas, indicando como resultado que la mayoría está dispuesta a pagar hasta \$10 para poder estacionar su vehículo dentro del campus.

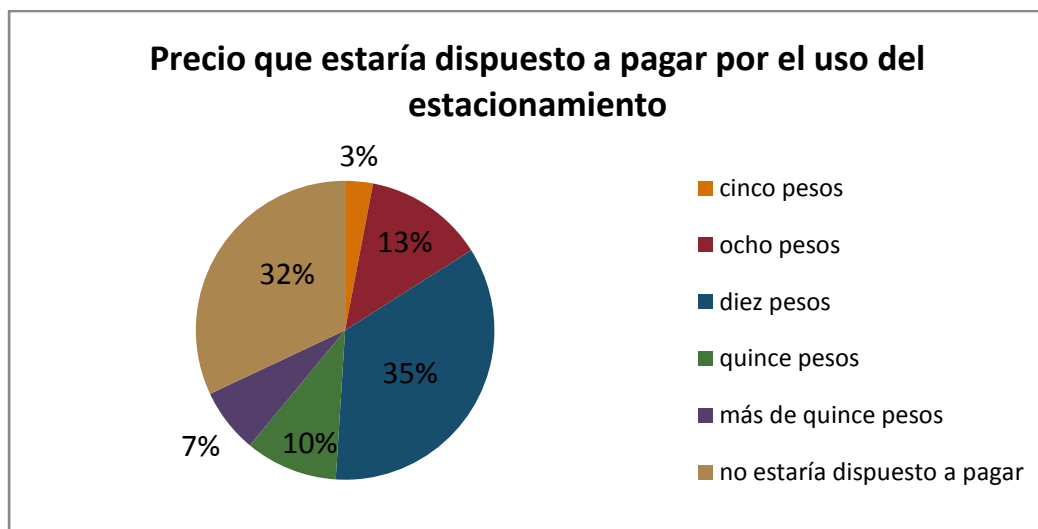


Grafico n° 6. Porcentaje de los montos que están dispuestos a pagar los usuarios por estacionar su vehículo dentro del campus.
(fuente: elaboración propia)



Es importante aclarar que el segundo grupo importante son de las personas que piensan que no pagarían por estacionar dentro del campus. Los cuales en su mayoría fueron empleados del campus, tanto personal docente como no docente, defendiendo su posición a razones de que sería un monto de dinero que afectaría sus finanzas, debido a que tienen que asistir casi todos los días de la semana.

Como conclusión de las encuestas se puede remarcar las siguientes:

- Aproximadamente 13% de los usuarios utilizan su vehículo propio para llegar hasta el campus. Donde 9,30% de los estudiantes y 23,53% del personal vienen en automóvil.
- El 45% de los usuarios viene al campus cuatro veces a la semana.
- El tiempo de permanencia de un usuario es de 4h.
- Aproximadamente 72% que asiste diariamente son estudiantes y 28% restante son empleados del campus, indicándose que 10% de este último grupo son docentes y 18% restante son personal no docente.
- El 35% de los usuarios está dispuesto a pagar \$10 por estacionar dentro del campus, 17% está dispuesto a pagar un monto mayor, 18% está dispuesto a pagar un monto menor y 32% no pagaría por estacionar.

En base a los datos obtenidos por las encuestas se procede a calcular el número de plazas que debe tener el campus Resistencia para poder funcionar correctamente bajo las condiciones actuales:

$$N^{\circ} \text{ cajones } C / 100 \text{ m}^2 \text{ de sup. cub.} = \frac{24 \frac{\text{Usuarios}}{\text{Día} * 100 \text{ m}^2 \text{ de sup. cub.}} * 0,13}{1,5} = 2,08$$

Los que nos indica que dentro del campus se deberían disponer del siguiente número de plazas para estacionamiento:

$$N^{\circ} \text{ cajones} = N^{\circ} \text{ cajones } C / 100 \text{ m}^2 \text{ sup. cub.} * \frac{\text{Sup. cub.}}{100} = 2,08 * \frac{29.240 \text{ m}^2}{100} = 608$$

Según este procedimiento el campus Resistencia se encuentra con una deficiencia 78 plazas para el estacionamiento de vehículos.

Otra metodología para determinar en primera instancia la cantidad de cajones que se deben disponer en una determinada edificación, es la propuesta por Edward D. Mills en su libro “la gestión del proyecto en arquitectura”, donde propone que dicha cantidad de espacios para el estacionamiento con los que se debe contar se encuentra en función del destino del edificio que se halla en análisis. Siendo el número de cajones para centros de enseñanza superior igual a una plaza por cada dos empleados, más una plaza cada cinco estudiantes a tiempo completo.

De esta manera teniéndose en cuenta el número de estudiantes que asiste por día al Campus, considerando los valores de los usuarios inscriptos en las diferentes Facultades emplazadas dentro del Campus se tiene que:



$$N_{Est.} = N_{Est. ins.} * \%P_{día} = 16.528 \text{ Estudiantes} * 0,3717 = 6.143 \text{ Estudiantes/Día}$$

$$N_{Doc.} = N_{Doc. ins.} * \%P_{día} = 1.975 \text{ Docentes} * 0,3717 = 734 \text{ Docentes/Día}$$

$$N_{No doc.} = N_{No doc.} * \%P_{día} = 327 \text{ No docentes} * 0,3717 = 121 \text{ No docentes/Día}$$

$$N_{Emp.} = N_{Doc.} + N_{No doc.} = 734 \text{ Docentes/Día} + 121 \text{ No docentes/Día} = 856 \text{ Empleados/Día}$$

Donde:

- $\%P_{día}$: Porcentaje de usuarios que asisten por día.
- $N_{Est.}$: es el número de estudiantes que concurre al campus por día.
- $N_{Est ins}$: número de estudiantes inscriptos en las diferentes carreras del campus.
- $N_{Doc.}$: cantidad de docentes que asisten por día al campus.
- $N_{Doc ins}$: Cantidad de docentes anotados en las diferentes facultades.
- $N_{No doc}$: número de no docentes que asisten por día.
- $N_{No doc ins}$: número de no docentes inscriptos.
- N_{emp} : cantidad de empleados por día.

Con estos datos se procede a calcular el número de cajones necesarios en el Campus Resistencia, siendo igual a:

$$N_{Cajones} = \frac{1}{2} * N_{Emp.} + \frac{1}{5} * N_{Est.} = \frac{1}{2} * 856 \frac{Empleados}{Día} + \frac{1}{5} * 6.143 \frac{Estudiantes}{Día} = 1657 \text{ cajones}$$

Esta cantidad de espacios para estacionamiento es excesiva, el autor hace referencia a que esos valores están basados en estudios estadísticos en centros de enseñanza del Reino Unido, donde el poder adquisitivo de la población es muy diferente al nuestro, por esta razón se opta reemplazar en la metodología la relación dada por los porcentajes de empleados y estudiantes que vienen en automóvil al Campus Resistencia. Obteniéndose de esta manera un número de plazas igual a:

$$N_{Cajones} = 0,2353 * N_{Emp.} + 0,093 * N_{Est.} = 0,2353 * 856 \frac{Emp.}{Día} + 0,093 * 6.143 \frac{Est.}{Día} = 773 \text{ cajones}$$

Con la metodología dada por Edward D. Mills refleja que el Campus posee una deficiencia en cuanto a espacios destinados al estacionamiento igual a 243 cajones.

Recordado lo descrito anteriormente en cuanto a la disposición municipal de la ciudad de Resistencia, el Campus Resistencia se encuentra con una deficiencia de superficie destinada al estacionamiento de 800 m^2 , lo cual se traduce a carencia de 40 cajones o plazas.



2.2 Cálculo de la demanda de diseño del estacionamiento

Se considerará que para el cálculo de la demanda de diseño de estacionamiento un periodo de 10 años, en el cual se analizará el posible aumento en la necesidad de estacionamiento dentro del Campus Resistencia. Teniendo en cuenta el crecimiento del parque automotor de la provincia del Chaco y el crecimiento de la población de los estudiantes, personal docente y no docente de las diversas facultades e institutos que se encuentran emplazados dentro de la zona de estudio.

Partiendo de las estadísticas del parque automotor anual desde el año 2.006 al 2.014 dada por el observatorio Nacional de Datos de Transporte (ONDaT), perteneciente al Centro Tecnológico de Transporte, Transito y Seguridad Vial de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), del cual se extrajo los datos relevantes y se elaboró la siguiente tabla:

Tabla n° 5: Parque automotor de la provincia del Chaco, considerando únicamente los automóviles y utilitarios livianos

Año	Parque automotor provincial		
	Automóviles	Utilitarios livianos	Total
2.006	54.415	25.770	80.185
2.007	59.799	27.906	87.705
2.008	69.119	30.593	99.712
2.009	72.412	31.095	103.507
2.010	83.343	34.880	118.223
2.011	93.388	37.986	131.374
2.012	99.261	39.597	138.858
2.013	111.135	43.439	154.574
2.014	122.394	47.155	169.549

(fuente: elaboración propia)

A través de dichos valores se procede a realizar el cálculo de la variación anual del parque automotor, para poder apreciar el aumento de automóviles y utilitarios livianos en los años censados, además se calculó el porcentaje de crecimiento anual de la cantidad de vehículos, los cuales se expresan en la siguiente tabla:

Tabla n° 6. Variación anual del parque automotor

Año	Variación interanual			
	Automóviles	Utilitarios livianos	Automóviles	Utilitarios livianos
2.006-2.007	5.384	2.136	9,89%	8,29%
2.007-2.008	9.320	2.687	15,59%	9,63%
2.008-2.009	3.293	502	4,76%	1,64%
2.009-2.010	10.931	3.785	15,10%	12,17%
2.010-2.011	10.045	3.106	12,05%	8,90%



2.011-2.012	5.873	1.611	6,29%	4,24%
2.012-2.013	11.874	3.842	11,96%	9,70%
2.013-2.014	11.259	3.716	10,13%	8,55%
Promedio	8.497	2.673	10,72%	7,89%

(fuente: elaboración propia)

A su vez se realizó el cálculo de la tasa de crecimiento a partir de los datos de la tabla n° 5, con el fin de corroborar el aumento porcentual del parque automotor, por medio de la siguiente ecuación:

$$V_f = V_p * (1 + i)^n \rightarrow i = \sqrt[n]{\frac{V_f}{V_p}} - 1$$

Siendo:

- V_f : valor de la cantidad de automóviles del último año censado.
- V_p : valor de la cantidad de automóviles en el primer año censado.
- n : el número de periodos en análisis.

A través de esta metodología se pudo concluir que la tasa de crecimiento de los automóviles es del 10,66%, el de los utilitarios livianos es 7,85% y el del total 9,81%, considerando como tal la suma de ambos tipos de vehículos.

Se puede observar en el grafico n° 7 y n° 8 la correlación de los datos censados y de los calculados a partir de la tasa de crecimiento obtenida a partir de la ecuación citada anteriormente, observándose que la metodología ajusta a los valores medidos.

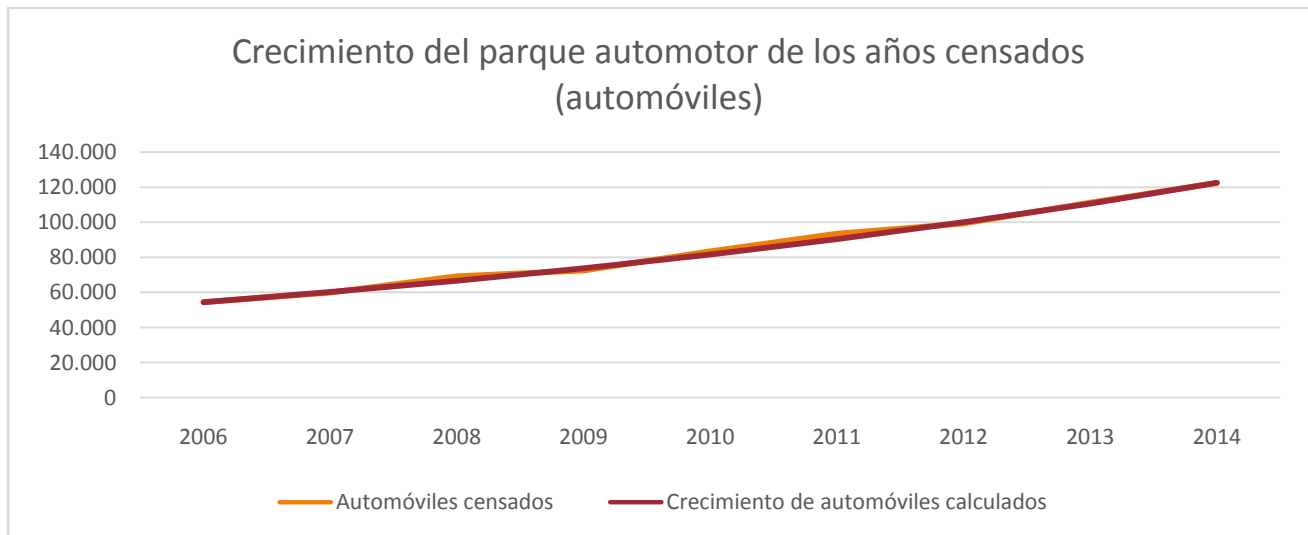


Grafico n° 7: Verificación del ajuste del crecimiento del parque automotor a través de los datos censados y los datos calculados, considerando únicamente los automóviles.

(fuente: elaboración propia)

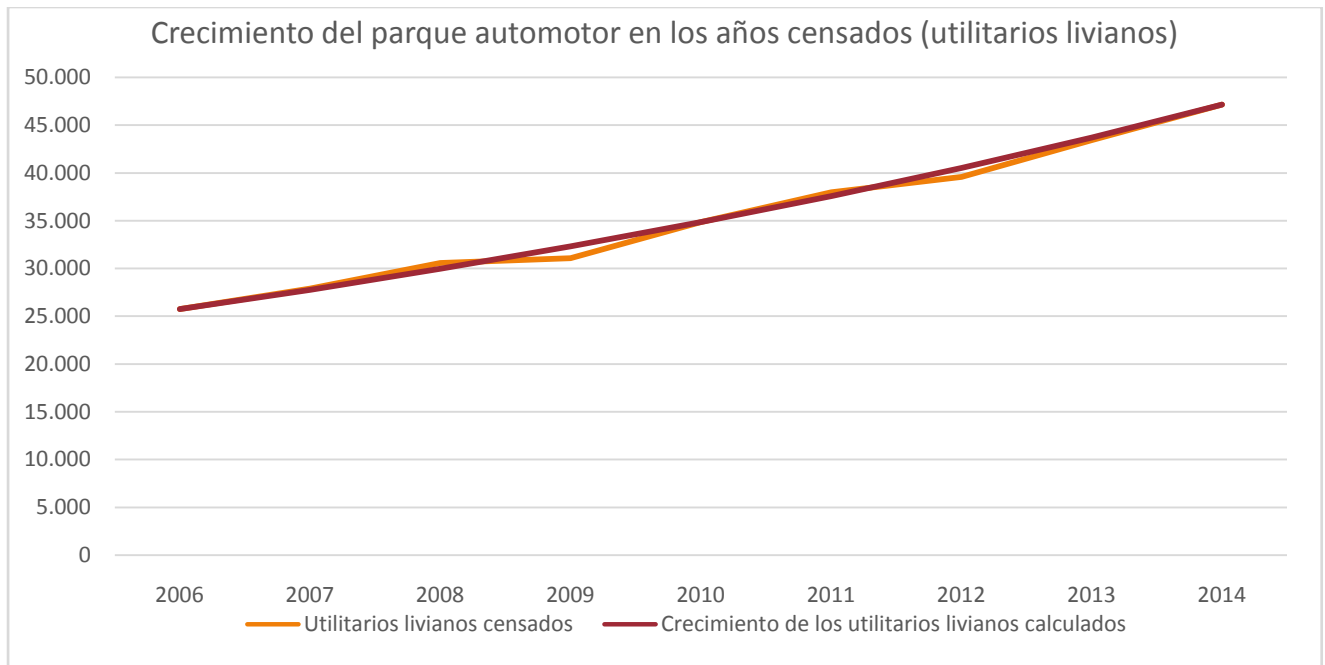


Grafico n° 8. Verificación del ajuste del crecimiento del parque automotor a través de los datos censados y los datos calculados, considerando únicamente los utilitarios livianos.
(fuente: elaboración propia)

A partir de la información de los datos estadísticos desde el año 2.008 al 2.015 extraídos de la página oficial de la Universidad Nacional del Nordeste- UNNE: <http://www.unne.edu.ar> , se procedió a determinar la tasa crecimiento de la población de los estudiantes, personal docente y no docente de las distintas facultades e institutos del área en estudio. Extraídos de la siguiente tabla:

Tabla n°7: Población de estudiantes de las distintas Facultades del Campus Resistencia de la UNNE desde el año 2.005 al 2.015.

Año	Estudiantes				
	Arquitectura y Urbanismo	Ciencias Económicas	Humanidades	Ingeniería	Total
2.005	2.631	7.694	4.003	1.489	15.817
2.006	2.839	7.538	4.347	1.330	16.054
2.007	2.881	6.873	4.402	1.368	15.524
2.008	2.924	7.762	4.308	1.384	16.378
2.009	3.139	7.550	4.417	1.502	16.608
2.010	3.278	6.382	4.992	1.569	16.221
2.011	3.392	6.371	4.718	1.553	16.034
2.012	3.461	5.652	5.300	1.761	16.174



2.013	3.743	6.076	5.437	1.740	16.996
2.014	3.710	6.035	5.198	1.834	16.777
2.015	3.866	5.759	4.871	2.032	16.528
i=					0,44%

(fuente: datos estadísticos de la UNNE. http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/estudiantes2015.pdf)

Se llevó a cabo de la misma manera, que en el caso anterior, se calculó la tasa de crecimiento del total de estudiantes que componen las diversas facultades del Campus, con los datos de la tabla n°7, a partir de la siguiente fórmula, arrojando un valor de 0,44%.

$$P_f = P_p * (1 + i)^n \rightarrow i = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_p}} - 1$$

Siendo:

- P_f: valor de la Población de estudiantes del último año censado.
- P_p: valor de la Población de estudiantes en el primer año censado.
- n: el número de periodos en análisis.

Tabla n°8. Población del personal docente de las distintas Facultades del Campus Resistencia de la UNNE desde el año 2.008 al 2.016.

Año	Personal docente				
	Arquitectura y Urbanismo	Ciencias Económicas	Humanidades	Ingeniería	Total
2.008	398	489	434	374	1.695
2.009	406	488	439	368	1.701
2.010	449	507	518	359	1.833
2.011	401	605	521	368	1.895
2.012	435	600	532	372	1.939
2.013	440	607	535	366	1.948
2.014	473	606	529	353	1.961
2.015	480	596	529	376	1.981
2.016	469	590	543	373	1.975
i=					1,93%

(fuente: Datos estadísticos de la UNNE. http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/docente2016.)

Se calculo la tasa de crecimiento del personal docente del total de las diversas facultades que componen la zona de estudio, con los datos de la tabla n°8, de acuerdo a la misma metodología del caso anterior, arrojando un valor de 1,93%.



Tabla n°9. Población del personal no docente de las distintas facultades del Campus Resistencia de la UNNE desde el año 2.008 al 2.016.

Año	Personal no docente				
	Arquitectura y urbanismo	Ciencias económicas	Humanidades	ingeniería	Total
2.008	73	56	42	78	249
2.009	74	55	48	78	255
2.010	83	75	58	80	296
2.011	72	80	58	82	292
2.012	75	89	58	87	309
2.013	74	90	57	86	307
2.014	86	93	71	85	335
2.015	86	91	71	88	336
2.016	84	86	71	86	327
				i=	3,47%

(fuente: Datos estadísticos de la UNNE. http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/nodocente2016.pdf)

De la misma manera que el caso anterior se calculó la tasa de crecimiento del personal no docente del total de las distintas facultades, con la información de la tabla n°9, obteniendo un valor de 3,47%.

De acuerdo a la evolución de los usuarios del Campus Resistencia, con los datos del censo desde el año 2.008 al año 2.016, se efectuó el incremento de acuerdo a la tasa de crecimiento calculada anteriormente para estudiantes, docentes y no docentes que tendrá dicho Campus en los próximos 10 años, desde el año 2016 al año 2.026, a través de la siguiente metodología:

$$P_f = P_p * (1 + i)^n$$

Siendo:

- P_f : valor de los usuarios del Campus del último año del período.
- P_p : valor de los usuarios del Campus en el primer año del período.
- n : el número de periodos en análisis.

Los resultados se observan en la tabla n°10.

Tabla n°10. Crecimiento de los usuarios del Campus Resistencia de acuerdo a los datos censados desde el año 2.008 al 2.016 y evolución futura de los usuarios de los próximos 10 años, desde el año 2.016 al año 2.026.



(fuente:

Año	Crecimiento de usuarios del campus			Total
	Estudiantes (i=0,44%)	Personal docente (i=1,93%)	Personal no docente (i=3,47%)	
2.008	16.378	1.695	249	18.322
2.009	16.608	1.701	255	18.564
2.010	16.221	1.833	296	18.350
2.011	16.034	1.895	292	18.221
2.012	16.174	1.939	309	18.422
2.013	16.996	1.948	307	19.251
2.014	16.777	1.961	335	19.073
2.015	16.528	1.981	336	18.845
2.016	16.601	1.975	327	18.903
2.017	16.674	2.013	338	19.025
2.018	16.747	2.052	350	19.149
2.019	16.821	2.092	362	19.275
2.020	16.895	2.132	375	19.402
2.021	16.970	2.173	388	19.531
2.022	17.045	2.215	401	19.661
2.023	17.120	2.258	415	19.792
2.024	17.195	2.301	429	19.926
2.025	17.271	2.346	444	20.061
2.026	17.347	2.391	460	20.198

elaboración propia)

A continuación se observan los gráficos que expresan la evolución de acuerdo a los datos censados y calculados a través de la tasa de crecimiento según las distintas disciplinas de los usuarios del Campus, así como el total de la población, mostrando además la línea de tendencia de los mismos:

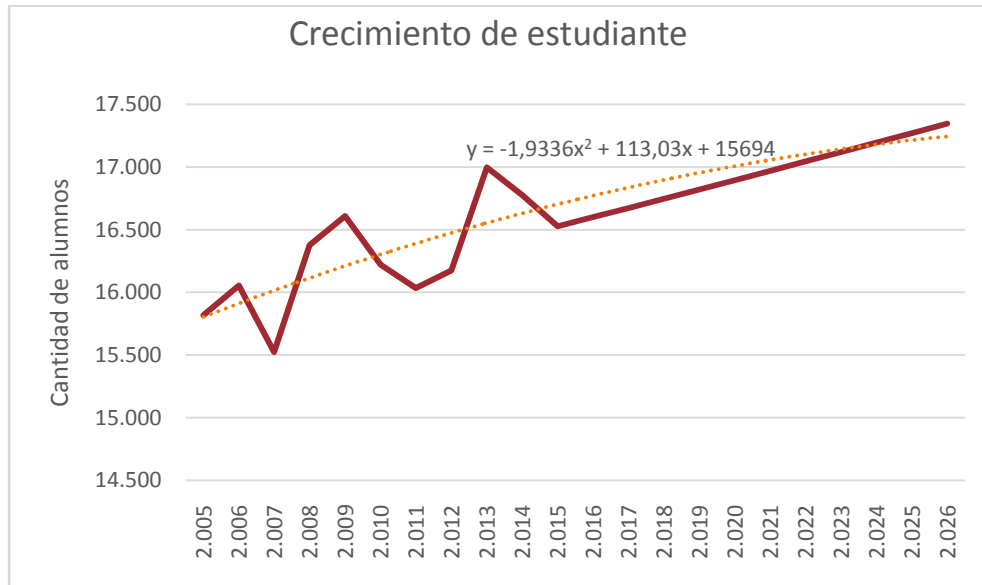


Grafico n° 9. Crecimiento de los estudiantes a través de los datos censados y los datos calculados del año 2.016 al año 2.026,observando además la línea de tendencia de dicho crecimiento.
(fuente: elaboración propia)

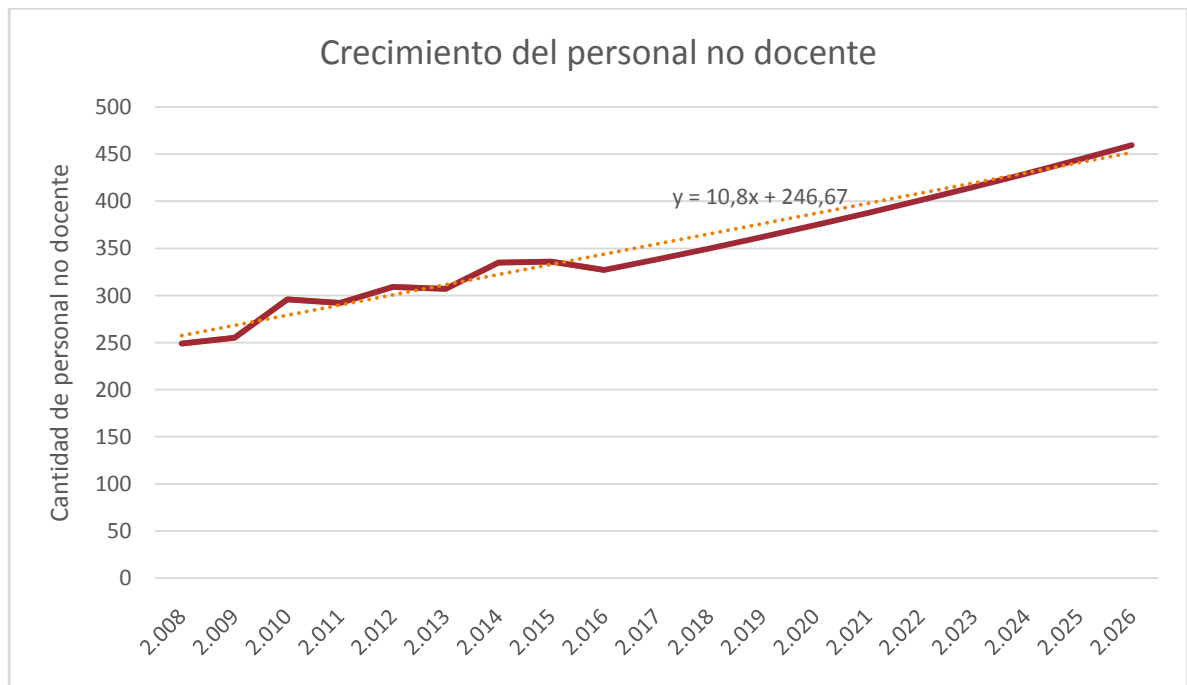


Grafico n° 10. Crecimiento del personal no docente a través de los datos censados y los datos calculados del año 2.016 al año 2.026,observando además la línea de tendencia de dicha evolución.
(fuente: elaboración propia)

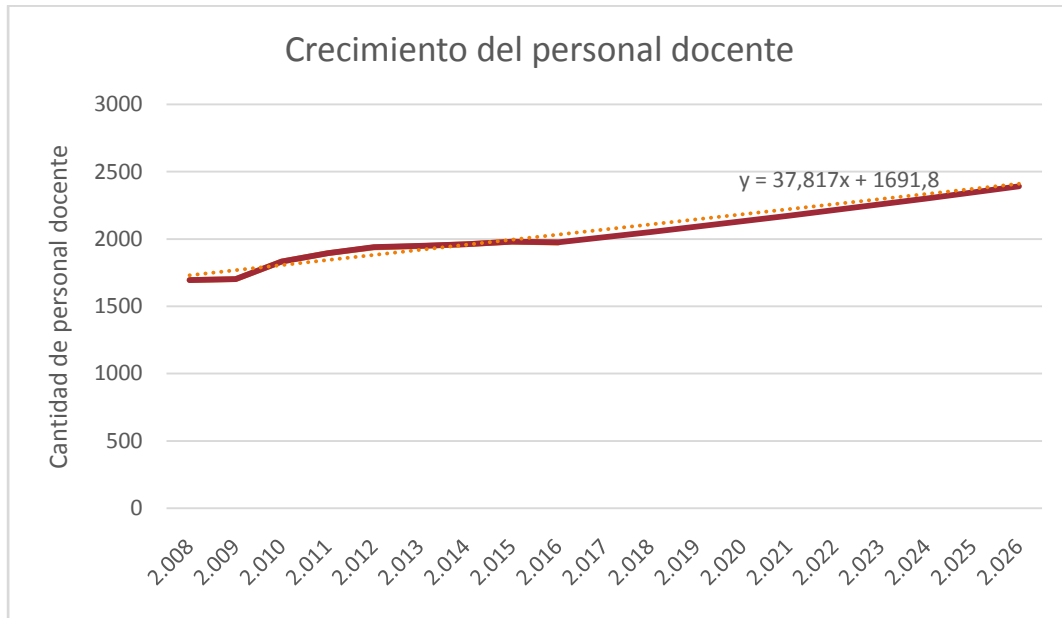


Grafico n° 11. Crecimiento del personal docente a través de los datos censados y los datos calculados del año 2.016 al año 2.026,observando además la línea de tendencia de dicha evolución.
(fuente: elaboración propia)

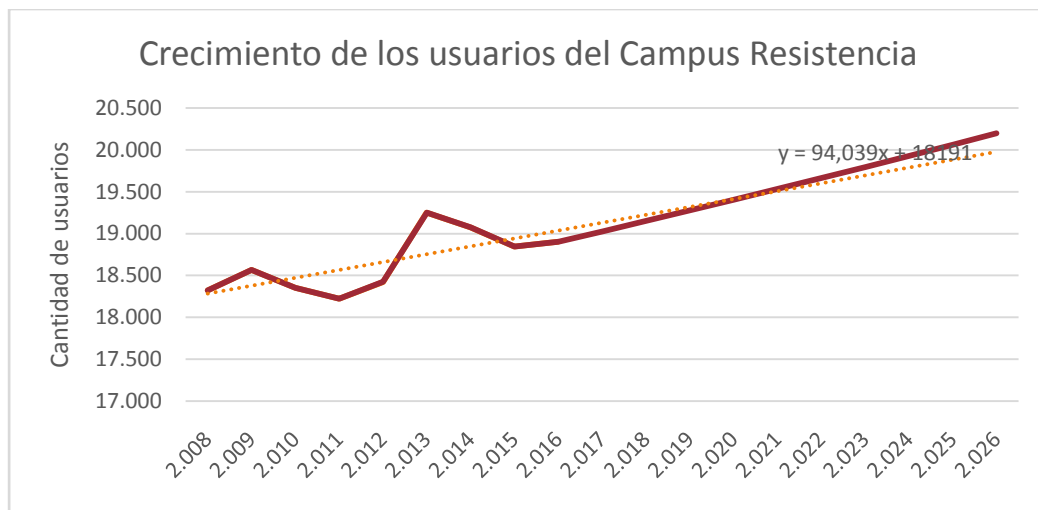


Grafico n° 12. Crecimiento del total de los usuarios del Campus Resistencia a través de los datos censados y los datos calculados del año 2.016 al año 2.026,observando además la línea de tendencia de dicha evolución.
(fuente: elaboración propia)

Se calculó a través de la evolución del total de los usuarios del Campus Resistencia, expresados en la tabla n°10, la tasa de crecimiento de los últimos 10 años arrojando un valor de 0,66 %.



2.3 Determinación del número de plazas para el período de diseño

Para poder determinar el incremento que tendrá el número de plazas de estacionamiento, considerando un período de diseño de 10 años, se evaluó el incremento del parque automotor que incluye tanto los automóviles como los utilitarios livianos, además de considerar el incremento del total de los usuarios del Campus, para dicho período de diseño.

El número de plazas será:

$$N_{Cajones -diseño} = N_{cajones} * (1 + i)^n$$

Siendo:

- N cajones - diseño: Número de plazas de estacionamiento en el último año del período de diseño.
- N cajones: Número de plazas de estacionamiento en el primer año del período.
- n: el número de periodos en análisis.
- i : tasa de crecimiento

Considerando el incremento de los usuarios del Campus, con una tasa de crecimiento de 0,66%:

$$N_{Cajones -diseño} = 243 \text{ plazas} * (1 + 0,0066)^{10} = 260 \text{ plazas}$$

Considerando el incremento del parque automotor, con una tasa de crecimiento de 1,93%:

$$N_{Cajones -diseño} = 243 \text{ plazas} * (1 + 0,0193)^{10} = 294 \text{ plazas}$$

Se tendrá que para dicha zona de estudio se necesitara un número total de 294 plazas de estacionamiento para un período de diseño de 10 años.



Capítulo 3

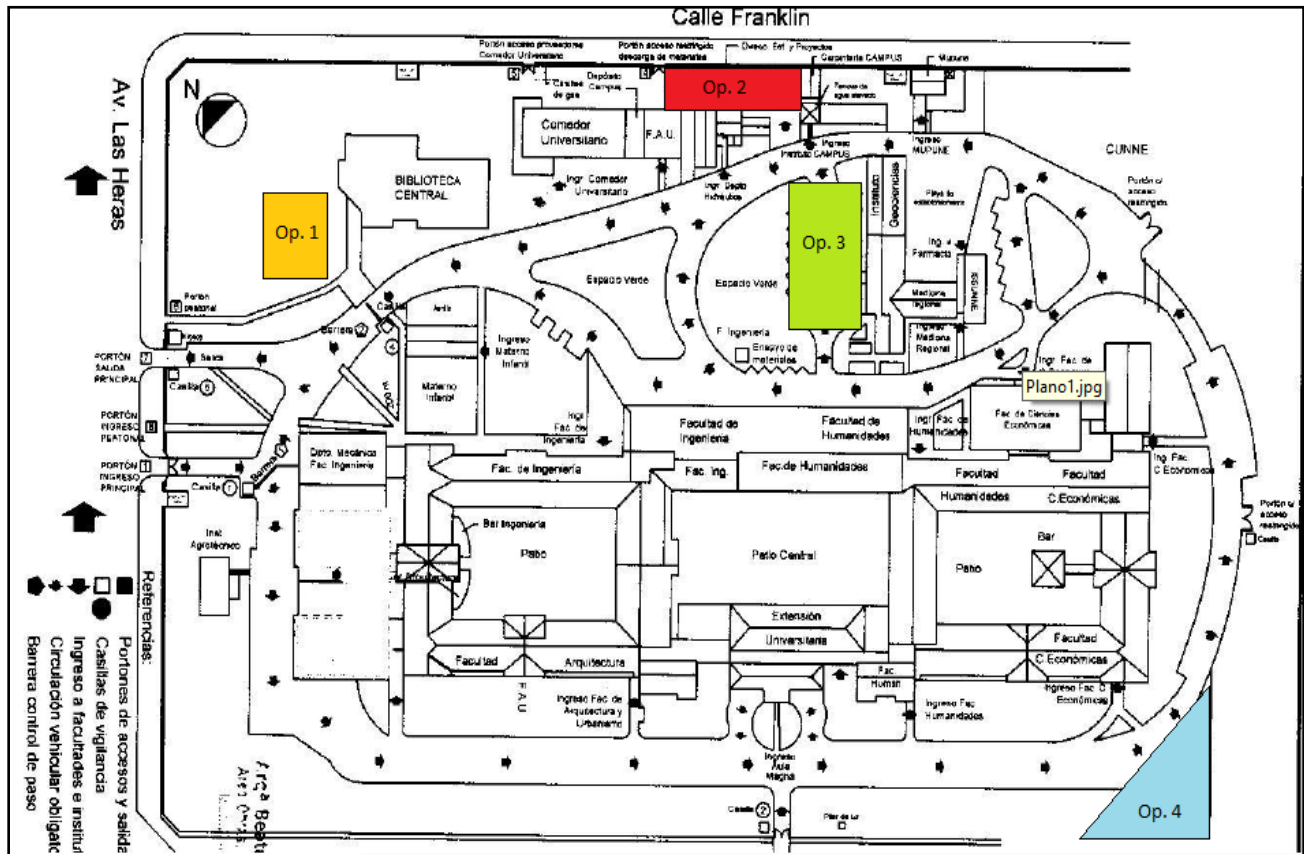
Análisis de alternativas de ubicación para el estacionamiento

En este capítulo se evaluó cuales son las alternativas posibles de ubicación para dicho estacionamiento, para la identificación de las distintas opciones de ubicación se analizó en primera instancia los espacios disponibles que contengan cierta superficie capaz de albergar a los automóviles, considerando tanto zonas cubiertas, zonas verdes y zonas impermeables, para luego valorar la opción más conveniente.

Una de las zonas de estudio es la opción 1, indicada en la imagen n°1, ubicada en la cercanía a la estación meteorológica del Campus Resistencia y Biblioteca Central de la Universidad, dicho espacio se encuentra cubierto por vegetación, siendo una zona totalmente permeable. El espacio posee una dimensión de 68,2m x 71,33m, representando una superficie de 4.864,71m² del cual 10 m x 10 m son ocupados por la estación meteorológica, ocupando una superficie de 100m² sin considerar el alejamiento necesario para que las mediciones no se vean interferidas por una construcción lindera, la cual es por lo menos 4 veces la altura del objeto más próximo a cualquier instrumento de la Estación Meteorológica.



Imagen n°1. Esquema de distribución del Campus - Resistencia de la Universidad Nacional del Nordeste



En la imagen se muestra a modo esquemático las alternativas de ubicación para el estacionamiento en estudio.
(fuente: elaboración propia).

La opción n°2, se encuentra ubicada detrás del Departamento de Hidráulica, dicha zona se halla con una edificación existente de dos plantas, en la planta baja se desarrolla tareas de mantenimiento, resguardo de maquinarias y vehículos pertenecientes al Campus Resistencia, en la planta alta funcionan oficinas administrativas del personal de la UNNE. Al ser una zona edificada, dicha superficie se encuentra impermeabilizada y posee una dimensión de (16,40m x 70,04m), representando un área de 1.149,15m². La opción n°2 cuenta con la ventaja de tener un acceso directo a la vía de circulación interna del predio del Campus, y una vía de acceso a través de la calle Franklin, la que actualmente se encuentra habilitada únicamente al personal del taller. La desventaja que posee dicha ubicación es la relocalización de las tareas que se realizan en ese lugar o tenerlas en cuenta que las mismas se puedan disponer en la alternativa a estudiar.

La opción n°3 es la playa de estacionamiento ubicada frente al Departamento de Geociencias, dicho espacio posee una dimensión de (31m x 41,20m), completando una superficie de



1.277,20 m², la cual actualmente puede albergar 40 vehículos. La zona se encuentra totalmente impermeabilizada y posee un acceso y egreso a la vía de circulación interna de dicho Campus. El inconveniente que posee dicho espacio es que al encontrarse muy próximo al edificio del Departamento de Geociencias, puede llegar a obstruir la entrada de luz natural y la visual que tendrán los usuarios.

Otra alternativa es la opción n°4, la cual se halla ubicada en la cercanía a la Facultad de Ciencias Económicas sobre el último acceso al Campus por la Av. Castelli, la cual actualmente se encuentra clausurada. Dicha zona cuenta con un área de 495,39m², donde la misma se halla parcialmente impermeabilizada, el espacio posee una forma triangular, siendo sus lados de (47m x 25,9m x 65,66m). En sus alrededores se encuentran ubicados árboles autóctonos de gran porte, los cuales suman gran atractivo al Campus, siendo una desventaja la remoción de los mismos para la edificación de cualquier estructura. La ventaja de dicha localización es que posee una entrada directa al predio de la Universidad a través de la Av. Castelli. Su gran desventaja es que la forma triangular de dicha superficie dificultaría establecer una disposición en la cual se pueda maximizar la capacidad de absorción de vehículos, haciendo que se desaproveche gran parte del área disponible.

3.1 Descripción del método de análisis jerárquico

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso. Este método es creado por Thomas Saaty, 1.980. Es un procedimiento que se utiliza para la toma de decisiones se basa en una serie de fundamentos que son:

- Fundamentos Psicológicos
- Fundamentos matemáticos
- Contrastes empíricos

En relación a los fundamentos psicológicos se basa en observaciones realizadas por psicólogos a finales del siglo XX donde manifiestan que la mente humana está diseñada para comparaciones de a pares, es decir para comparar elementos de dos en dos pero no actúa muy bien cuando tiene que hacer comparaciones globales. Basado en esta cualidad de que la mente humana tiene la facilidad de hacer comparaciones por pares, Saaty plantea una escala de comparaciones pareadas, siendo la siguiente:



Tabla n°11. Escala de comparaciones de a pares

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la prioridad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro
5	Fuertemente más importante un elemento que otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible

En cuanto a los fundamentos matemáticos este método utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior.

Cuando las prioridades de los elementos en cada nivel se tienen definidas, se agregan para obtener las prioridades globales frente al objetivo principal. Los resultados frente a las alternativas se convierten entonces en un importante elemento de soporte para quien debe tomar la decisión.

La notación utilizada es la siguiente:

- Para i objetivos dados $i = 1, 2, \dots, m$; se determinan los respectivos pesos w_i .
- Para cada objetivo i , se comparan las $j = 1, 2, \dots, n$ alternativas y se determinan los pesos w_{ij} con respecto al objetivo i
- Se determina el peso final de la alternativa W_j con respecto a todos los objetivos así

$$W_j = w_{1j}w_1 + w_{2j}w_2 + \dots + w_{mj}w_m.$$

Las alternativas se ordenan de acuerdo con el W_j en orden descendente, donde el mayor valor indica la alternativa más preferida. Las diferentes metodologías para la solución de problemas multicriterios se diferencian en la forma como determinan el objetivo y las ponderaciones a los factores. La validez general del método está fundamentada en las múltiples y variadas aplicaciones que ha tenido para la solución de problemas de toma de decisiones.

La matriz tiene que cumplir una serie de condiciones las cuales son:

- Reciprocidad: Si $a_{ij} = x_j$, entonces $a_{ji} = 1/x_j$, con $1 \leq x_j \leq 9$
- Homogeneidad: Si los elementos i y j son considerados igualmente importantes entonces:
 $a_{ij} = a_{ji} = 1$



A demás $a_{ii} = 1$ para todo i

- Consistencia: se satisface que $a_{ik} * a_{kj} = a_{ij}$ para todo $1 \leq i, j, k \leq q$

El método está contrastado empíricamente en distintas aplicaciones como ser:

- Sociedad
- Marketing
- Economía y Transporte
- Producción
- Aplicaciones ambientales
- Planificación Urbana
- Sanidad
- Evaluación de sistemas, etc.

3.2 Aplicación del método de análisis jerárquico

Los aspectos a considerar para la elección de la mejor alternativa de las propuestas con respecto a la ubicación para el estacionamiento son las siguientes:

- Superficie del terreno: es un aspecto importante a la hora de definir la capacidad de vehículos posibles de captar dentro del estacionamiento, y de esta manera aliviar el ya congestionado sistema que presenta el campus Resistencia.
- Accesibilidad: es un factor determinante a la hora de diseñar el estacionamiento, ya que cuanto mejor sea dicha posición respecto a las vías de acceso y egreso de la facultad mayor será el beneficio a los usuarios del predio de la facultad, ya que evitaría pérdida de tiempo y frustraciones al no encontrar un lugar para estacionar.
- Superficie impermeable: es un factor importante porque con ello se tendrá en cuenta el grado de alteración que se tendrá en el terreno a la hora de la construcción, siendo mejores las zonas que ya se encuentran impermeabilizadas porque de esta manera no se aumentará la superficie impermeable y se evitará las consecuencias que esto conlleva.
- Circulación interna: en esta variable se tendrá en cuenta la forma de las alternativas para establecer de esta manera la mejor opción que permita que las maniobras necesarias para estacionar el vehículo sean fáciles de realizar, evitando maniobras complicadas con sus posibles daños materiales a los usuarios como a la estructura del mismo.
- Factibilidad de construcción: en este ítem se contemplará las facilidad de construcción dentro de cada una de las alternativas, siendo las mejores puntuaciones para aquellas en las cuales se encuentre libre de obstrucciones que dificulten la edificación.



Comparación de los factores con las alternativas

Para poder aplicar el método de análisis jerárquico se debe elaborar 5 matrices donde se comparen en cada una de ellas los diferentes factores para la toma de decisión con respecto a las alternativas propuestas.

- Superficie del terreno:

Las áreas de cada una de las alternativas se pueden observar en el siguiente cuadro:

Tabla n°12. Superficie de las alternativas de ubicación

Superficies de las alternativas (m ²)	
Opción 1	4.764,71
Opción 2	1.149,15
Opción 3	1.227,20
Opción 4	495,39

(fuente: elaboración propia).

En base a las áreas de cada alternativa se elaboró el siguiente cuadro, donde se puede observar la matriz de comparación entre opciones respecto al criterio de superficie. Donde cada componente de la matriz representa el grado de ventaja que tiene una opción respecto a otra, representando por ejemplo el elemento $a_{12}=4,15$ que la opción 1 tiene un área 4,15 veces mayor o mejor que la opción 2.

Tabla n°13. Criterio de superficie

Criterio: superficie										
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Matriz normalizada				Vector prom.	
Opción 1	1	4,15	3,88	9,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	
Opción 2	0,24	1	0,94	2,32	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	
Opción 3	0,26	1,07	1	2,48	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	
Opción 4	0,10	0,43	0,40	1	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Suma	1,60	6,65	6,22	15,42						

(fuente: elaboración propia).

Cabe destacar que la normalización de la matriz muestra que en este criterio los datos no se encuentran sesgados por una inclinación subjetiva, ya que los valores de las columnas son iguales.

- Accesibilidad:

A continuación se puede observar las características más importantes en cuanto a la accesibilidad que poseen las alternativas:



Tabla n°14.Características relevantes para la accesibilidad

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
No posee un acceso vehicular construido desde la vía de circulación interna.	Posee un acceso vehicular desde la vía de circulación interna.	Posee un acceso vehicular desde la vía de circulación interna.	Posee un acceso vehicular desde la vía de circulación interna.
No posee acceso o egreso a la vía pública.	Posee un acceso restringido al personal del campus desde la vía pública exterior.	No posee un acceso o egreso a la vía pública exterior.	Posee un acceso o egreso a la vía pública exterior.
Cantidad de facultades e institutos cercanos del campus Resistencia: 7.	Cantidad de facultades e institutos cercanos del campus Resistencia: 6.	Cantidad de facultades e institutos cercanos del campus Resistencia: 9.	Cantidad de facultades e institutos cercanos del campus Resistencia: 2.
La zona se encuentra ubicada en un lugar que es visible a simple vista por un conductor.	La zona se encuentra ubicada en un lugar oculto por edificaciones, no obstante, el acceso al lugar posee una visibilidad regular.	La zona se encuentra ubicada en un lugar visible a simple vista por un conductor.	La zona se encuentra en un lugar visible a simple vista por un conductor.

(fuente: elaboración propia).

Considerando las características más importantes de cada alternativa en cuanto a su accesibilidad actual y la facilidad de encontrarla por un conductor en busca de un lugar para estacionar su vehículo se elaboró la siguiente matriz de comparación de opciones según dicho criterio.

Tabla n°15.Criterio de accesibilidad

Criterio 2: Accesibilidad									
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Matriz normalizada				Vector prom.
Opción 1	1	2,00	0,33	1,00	0,18	0,38	0,16	0,10	0,21
Opción 2	0,5	1	0,50	3,00	0,09	0,19	0,25	0,30	0,21
Opción 3	3,00	2,00	1	5,00	0,55	0,38	0,49	0,50	0,48
Opción 4	1,00	0,33	0,20	1	0,18	0,06	0,10	0,10	0,11
Suma	5,50	5,33	2,03	10,00					

(fuente: elaboración propia).

- Superficie impermeable:

Las áreas impermeabilizadas de cada alternativa se pueden observar en el siguiente cuadro:



Tabla n°16. Áreas impermeables

Superficie impermeable (m ²)	
Opción 1	47,65
Opción 2	1.149,15
Opción 3	1.227,20
Opción 4	331,91

(fuente: elaboración propia).

Procediendo de igual manera que en los casos anteriores se elaboró la siguiente matriz de comparación de opciones según el criterio de la superficie impermeable.

Tabla n°17. Criterio en relación a superficies impermeables

Criterio 3: Superficie impermeable									
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Matriz normalizada				Vector prom.
Opción 1	1	0,04	0,04	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Opción 2	24,12	1	0,94	3,46	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Opción 3	25,76	1,07	1	3,70	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Opción 4	6,97	0,29	0,27	1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Suma	57,84	2,40	2,25	8,30					

(fuente: elaboración propia).

- **Circulación interna:**

Para poder comparar la facilidad de maniobra de un vehículo a la hora de estacionar en cada una de las alternativas se procedió a establecer un coeficiente de forma de cada una de las áreas de dichas opciones, en la cual se asemeja la forma de las mismas a la de un cuadrado, considerando que esta forma geométrica permite la mejor distribución de vehículos con un espacio suficientemente adecuado para las maniobras de los automóviles.

Tabla n°18. Factor de forma

	Lado A	Lado B	Factor de forma
Opción 1	68,20	71,33	0,96
Opción 2	16,40	70,04	0,23
Opción 3	31,00	41,20	0,75
Opción 4	25,90	65,66	0,39

(fuente: elaboración propia).

En base a estos coeficientes de forma de cada alternativa se elaboró la siguiente matriz de comparación de opciones para el criterio de circulación interna:



Tabla n°19. Criterio de circulación interna

Criterio 4: circulación interna									
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Matriz normalizada				Vector prom.
Opción 1	1	4,08	1,27	2,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Opción 2	0,24	1	0,31	0,59	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Opción 3	0,79	3,21	1	1,91	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Opción 4	0,41	1,68	0,52	1	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Suma	2,44	9,98	3,11	5,93					

(fuente: elaboración propia).

- Factibilidad de construcción:

Para establecer la matriz de comparación entre opciones para este criterio se realizó un relevamiento visual de las condiciones en las cuales se encuentran las alternativas, elaborándose el siguiente cuadro:

Tabla n°20. Características de las zonas de cada opción

Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
En la zona se encuentra la estación meteorológica del departamento de hidráulica, esto genera el inconveniente de tener que respetar la distancia mínima de separación para no interferir con las mediciones de la misma.	En el lugar presenta una edificación existente, en la cual la planta baja se encuentra el taller/deposito del campus Resistencia y en la planta superior presenta la existencia de oficinas destinadas al personal del campus.	La zona se encuentra próxima al departamento de geociencias, debiendo tenerse en cuenta esto a la hora del diseño en la parte de alejamientos mínimos y las visuales.	En el lugar se encuentra ubicado una gaceta de vigilancia.
La superficie presenta la existencia de árboles de gran porte.			La zona se encuentra rodeada de árboles de gran porte.

(fuente: elaboración propia).

Teniendo en cuenta estos factores que podrían dificultar la construcción del estacionamiento se procede a la elaboración de la siguiente matriz de comparación entre alternativas para dicho criterio:



Tabla n°21. Criterio de factibilidad de construcción

Criterio 5: factibilidad de construcción										
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Matriz normalizada				Vector prom.	
Opción 1	1	9,00	3,00	7,00	0,63	0,50	0,33	0,82	0,57	
Opción 2	0,11111111	1	0,20	0,33	0,07	0,06	0,02	0,04	0,05	
Opción 3	0,33	5,00	1	0,20	0,21	0,28	0,11	0,02	0,15	
Opción 4	0,14	3,00	5,00	1	0,09	0,17	0,54	0,12	0,23	
Suma	1,59	18,00	9,20	8,53						

(fuente: elaboración propia).

Matriz de comparación de a pares

Una vez definida la importancia de cada alternativa respecto a cada criterio de evaluación se continuó con la elaboración de la matriz de comparación de a pares, estableciéndose la importancia de un criterio sobre otro.

Esto se realizó utilizando la escala dada por Saaty (creador del método de análisis jerárquico), el cual va desde el uno al nueve, identificando el grado de importancia de un factor respecto a otro como se detalla a continuación:

- Puntuación 1: Es igual, da lo mismo.
- Puntuación 3: Es un poco más importante.
- Puntuación 5: Es mucho más importante.
- Puntuación 7: Es fuertemente más importante.
- Puntuación 9: Absolutamente más importante.

Pudiendo ser utilizadas las puntuaciones intermedias. Las intenciones del análisis de alternativas es ponderar las variables que son más sensibles para la elección de un proyecto, esto puede observarse en el siguiente cuadro:

Tabla n°22. Matriz de comparación de a pares

Matriz de comparación de a pares											
	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Matriz normalizada				Vector prom.	
Criterio 1	1	2,00	0,20	0,33	0,33	0,08	0,32	0,02	0,11	0,05	0,12
Criterio 2	0,50	1	0,50	1,00	3,00	0,04	0,16	0,05	0,33	0,45	0,21
Criterio 3	5,00	2,00	1	0,20	0,33	0,40	0,32	0,10	0,07	0,05	0,19
Criterio 4	3,00	1,00	5,00	1	2,00	0,24	0,16	0,52	0,33	0,30	0,31
Criterio 5	3,00	0,33	3,00	0,50	1	0,24	0,05	0,31	0,16	0,15	0,18
Suma	12,50	6,33	9,70	3,03	6,67						

(fuente: elaboración propia).



Una vez definido el vector promedio o ponderado de cada alternativa respecto a los criterios se procede a agruparlos para formar la matriz para evaluar la mejor alternativa. Esto se puede observar en el siguiente cuadro:

Tabla n°23.Matriz del vector promedio

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Opción 1	0,62	0,21	0,02	0,41	0,57
Opción 2	0,15	0,21	0,42	0,10	0,05
Opción 3	0,16	0,48	0,45	0,32	0,15
Opción 4	0,06	0,11	0,12	0,17	0,23

(fuente: elaboración propia).

A dicha matriz se le debe aplicar el producto matricial del vector ponderado de la importancia de un criterio sobre otro para obtener la mejor alternativa a ser implementada, esto puede observarse en el siguiente cuadro:

Tabla n°24. Vector resultante

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Total
Opción 1	0,62	0,21	0,02	0,41	0,57	0,35
Opción 2	0,15	0,21	0,42	0,10	0,05	0,18
Opción 3	0,16	0,48	0,45	0,32	0,15	0,33
Opción 4	0,06	0,11	0,12	0,17	0,23	0,15
K prom.	0,12	0,21	0,19	0,31	0,18	

(fuente: elaboración propia).

Conclusiones

A través de la aplicación del método de análisis jerárquico obtuvimos que las alternativas que nos brindan más ventajas son la alternativa n° 1, ya que mediante la evaluación de los parámetros antes mencionados podemos ver que la opción n°1 de ubicación posee una gran cualidad debido a que tiene una superficie considerable para albergar una cantidad importante de vehículos, conjuntamente posee una forma geométrica rectangular que beneficia la posición de los vehículos facilitando la maniobra de los mismos. Otra particularidad que tiene el sitio es la posición en la cual se encuentra ya que se halla en la esquina entre las Av. Las Heras y calle Franklin en la zona próxima a dicho espacio se encuentra la vía de circulación posibilitando el egreso de los vehículos hacía la Av. Las Heras y contiguo a la calle Franklin que facilitará tanto la entrada o salida inmediata de vehículos del estacionamiento. En la imagen n°3 se puede observar la ubicación elegida. La superficie de la zona en estudio se encuentra cubierta por vegetación y algunos árboles de gran porte, lo cual se discutió como una dificultad para la elección del lugar, ya que es una zona totalmente permeable. A fin de poder solucionar el inconveniente se consideró la realización de un diseño de



estacionamiento que tenga en cuenta el cuidado de la ecología, evaluando un proyecto de urbanización. Por otra parte, se consideró la condición de espacio libre que debe tener los alrededores de la Estación Meteorológica para que las mediciones de estas no se vean afectadas. Debidas a estas razones se optó por realizar en dicho espacio el diseño de una playa de estacionamientos permeable con un diseño arquitectónico de espacios verdes, incorporándole valor estético y agradable para los usuarios del campus, mitigando los efectos adversos hacia el medio ambiente.

No obstante, se tendrá en cuenta la opción n°3 para el diseño y cálculo de un estacionamiento en altura, considerando que dicha alternativa posee una superficie adecuada para albergar un gran número de vehículos y su forma permite una buena maniobrabilidad de los mismos, a su vez la zona ya se encuentra impermeabilizada y libre de vegetación, con lo cual no se aumentaría la superficie impermeable del campus haciendo que el impacto ecológico sea mínimo. A demás teniendo en cuenta que la utilización de la playa de estacionamiento será de aplicación inmediata pero que a su vez no alcanza a cubrir el rango de demanda futura de estacionamiento prevista para el campus Resistencia hace que el proyecto hace contemple la aplicación de una estructura a distinto nivel destinada al estacionamiento de vehículos, la cual se podrá realizar en etapas dependiendo el aumento progresivo de la demanda.



Imagen n°3 Campus Universitario Resistencia - Universidad Nacional del Nordeste



En la imagen se representa la ubicación de la opción n°1 y opción n°3 para el estacionamiento, señalando características del sitio y orientación del mismo.(fuente: Google earth)



Capítulo 4

Diseño del estacionamiento

Como se ha mencionado el déficit de espacios para estacionamiento vehicular del Campus de acuerdo a las exigencias establecidas por el reglamento de construcciones de la ciudad de Resistencia es de 40 plazas y según la metodología más conservadora, es decir la que resguarda un mayor número de vehículos, dada por Edward D. Mills, 1.992 en su libro la gestión del proyecto en arquitectura, ha determinado que el número de plazas actual necesarias es de 243 plazas.

Se evaluó que para el diseño del estacionamiento es apropiado considerar un rango de valores de demanda de espacios que varía entre 40 plazas que es el déficit actual y 294 plazas la demanda futura, para un período de diseño de 10 años. Para poder absorber y de acuerdo a las restricciones antes mencionadas dentro del Campus, debido a que no se dispone de suficiente espacio que pueda asumir esta cantidad de módulos en una única zona de estudio, se proyectó el estacionamiento en dos zonas de estudio diferentes, evaluando en primer instancia poder absorber de manera inmediata las 40 plazas faltantes que involucra la situación actual y a demás se proyectara un edificio en altura exclusivo para estacionamiento que implica absorber la demanda futura de espacios. Siendo los dos sistemas de diseño los siguientes:

- El diseño de estacionamiento número 1, consta de una playa de estacionamiento ubicada en la opción n°1, en la esquina entre la Av. Las Heras y calle Franklin.
- El diseño de estacionamiento número 2, se trata de un edificio en altura exclusivo para estacionamiento, situado en la playa de estacionamiento existente frente al departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería, ubicado en la opción n°3 antes descrita.

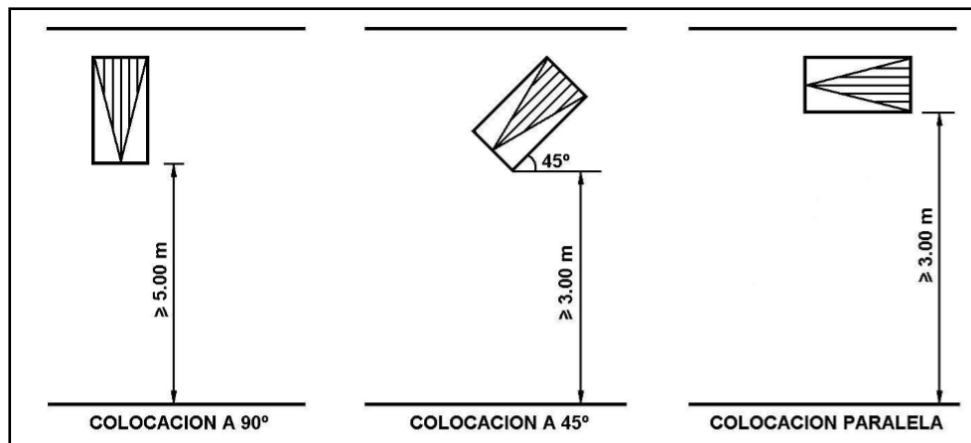
4.1 Playa de estacionamiento

La playa de estacionamiento se emplazará en el sector de estudio n°1 antes descrito.

De acuerdo al reglamento general de construcciones de la ciudad de Resistencia la playa de estacionamiento deberá cumplir con los siguientes requisitos.

Para los módulos de estacionamientos se deberá respetar:

- Superficie útil por vehículo será 2,50m por 5m y la distribución de los mismos se hará dejando calles de amplitud necesaria para su cómodo paso y manejo, variando su ancho de acuerdo con la forma de colocación de los vehículos.
- Los anchos mínimos serán de 5 m para estacionar los vehículos a 90°, hasta 3m mínimo para la colocación a 45° o ubicación paralela.
- En todos los casos, se calculará un espacio mínimo de 50cm entre vehículos.



(fuente: Reglamento general de construcciones de la ciudad de Resistencia - Chaco Año: 1.990)

4.1.1 Deducción de las dimensiones de la zona de resguardo contigua a la estación meteorológica

Como se refirió precedentemente será obligatorio dejar una zona libre de obstáculos y no se podrá alterar el espacio verde contiguo a la Estación Meteorológica a fin de no perturbar las mediciones realizadas por los instrumentos que se encuentran en dicha Estación, para esto la norma exige que debe existir una distancia de por lo menos 4 veces la altura al objeto más próximo a los instrumentos de medición. Por lo que se tomaron de referencia las alturas de los vehículos de mayor porte que podrían ingresar a dicho estacionamiento, siendo en promedio de 1,98m de altura para una camioneta combi y para una camioneta 4 x 4 de 1,86m de alto. Adoptando entonces como altura media 2m.

Por lo que se deduce:

$\text{dimensiones de zona libre} = 4 \times 2\text{m} = 8\text{m} \rightarrow$ Se adopta para mayor seguridad 10 m de resguardo a los límites de la estación meteorológica.

4.1.2 Configuración de la disposición de los puestos de estacionamientos

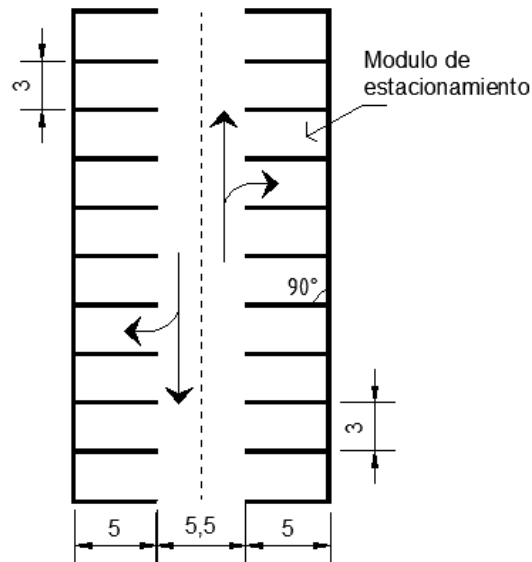
La superficie necesaria para un puesto de estacionamiento resulta de la superficie ocupada realmente por el coche, que en la hipótesis se considero la de un vehículo tipo, y de las adiciones para espacios intermedios y separaciones. Las dimensiones de tales adiciones dependen del funcionamiento del local y del sistema de disposición de los coches.

Se adoptó como configuración para la disposición de los módulos de estacionamiento el de 90° en perpendicular con un ancho de plaza de 3m y un largo para cada módulo de 5m, estas medidas se tomaron en consideración con el reglamento de construcciones de Resistencia. Este sistema tiene la ventaja de poder acceder desde ambos sentidos de circulación en comparación con la disposición a 60° en diagonal donde solo se puede acceder desde un solo sentido, si bien para este sistema es más fácil entrar y salir con el vehículo con la disposición a 90° en perpendicular se puede aprovechar



mejor la superficie permitiendo albergar un mayor número de plazas en una misma área que una disposición a 60° en diagonal.¹

A continuación se representa un esquema de la configuración a 90° en perpendicular de los módulos:



Configuración: 90° en perpendicular.
Ambos sentidos

Como separación o distancia de los coches a las paredes, antepechos, pilares y a otros coches basta con 50 cm, suficiente en general para que pueda abrirse la puerta del vehículo. Como el reglamento establece como ancho mínimo de módulo 2,5 m se adoptará 3m permitiendo mayor espacio para poder abrir las puertas de los vehículos.

En el caso de personas con limitaciones según reglamentación se deberá disponer de módulos exclusivos para personas con discapacidad, en tal eventualidad estos se ubicaran lo más cerca posible de la entrada principal, sus dimensiones mínimas serán de 3,30m de ancho por 5m de largo en áreas abiertas y de 3,30m de ancho por 6m de largo en áreas cerradas.¹

La cantidad de estacionamientos requeridos para personas con limitación se determinan en función al número total de estacionamientos calculados para el proyecto. Según la tabla siguiente se deducen los módulos exclusivos del total de los estacionamientos generados.

¹ Guía de diseño de Aparcamientos - Autor: Jordi Balsells



Tabla n°25 Espacios de estacionamientos requeridos para personas con limitación

Números total de espacios para estacionamiento	Número de espacios de estacionamiento para personas con limitación
Menos de 50	un módulo de estacionamiento
Entre 50 y 100	dos módulos de estacionamiento
Más de 100	dos más un módulo de estacionamiento por cada 50 o fracción en exceso de los primeros 100

(fuente: Proyecto de reglamento para el diseño de estacionamiento vehicular en edificaciones y control de acceso a las vías públicas. Año: 2.015)

De acuerdo a lo establecido anteriormente se colocarán para la playa de estacionamiento 2 módulos de estacionamiento exclusivo para personas con limitaciones.

4.1.3 Determinación del vehículo tipo

La facilidad con la cual un vehículo maniobrara dentro de un recinto cerrado depende del radio de giro del mismo, el cual se encuentra influenciado por las dimensiones del vehículo en cuestión. Es por ello que para un buen diseño la elección de un vehículo tipo es crucial, ya que con este se dimensionará los espacios de circulación óptimos para el estacionamiento, evitando maniobras dificultosas tendientes a ocasionar accidentes.

A través de un censo realizado en el campus Resistencia los días martes, jueves y viernes en los horarios picos, encontrándose colapsado los espacios disponibles para el estacionamiento del campus, se constató que de los 530 cajones disponibles entre un 11,51% y un 14,15% estaban ocupados por camionetas y el resto eran vehículos livianos ³.

Del censo realizado se observó que los vehículos más frecuentes fueron los siguientes:

- Volkswagen - Gol
- Chevrolet - Corsa
- Toyota - Etios
- Renault – Clio
- Peugeot – 208
- Ford – Fiesta
- Chevrolet - Onix

De la misma manera se determinó que las camionetas más recurrentes eran las siguientes:

³ El día martes 11/04/17 se contabilizó 61 camionetas.
El día jueves 13/04/17 se contabilizó 75 camionetas.
El día viernes 14/04/17 se contabilizó 68 camionetas.



- Toyota - Hilux
- Volkswagen – Amarok
- Ford – Ranger
- Honda – CRV
- Ford - Ecosport

En base a los datos recolectados se confeccionó la siguiente tabla:

Tabla n°26. Características geométricas de los vehículos

Automóvil	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (kg)
Volkswagen – Gol	389,7	165,6	146,4	983
Chevrolet – Corsa	375,9	177	138,8	N/D
Toyota – Etios	377,7	169,5	151	1310
Renault – Clio	381,1	194 (*)	141,7	906
Peugeot – 208	397,5	174	147	1096
Ford – Fiesta	396,9	172,2	146,4	1248
Chevrolet – Onix	393	196,4(*)	147,5	N/D

*los anchos incluyen los espejos retrovisores

Camioneta	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Peso (Kg)
Toyota – Hilux	533	180	181,5	1940
Volkswagen – Amarok	525,4	194,4	183,4	2060
Ford – Ranger	535,9	185	181,5	2058
Honda – CRV	458	182	165,5	1521
Ford - Ecosport	424,1	176,5	169,3	1244

(fuente:elaboración propia)

Considerando las medidas de los vehículos obtenidas de los catálogos del fabricante podemos decir que las medidas promedio de los automóviles más usuales en el campus ronda los 387,4 cm de largo, 171,7 cm de ancho, los 145,5 cm de altura y un peso de 1108,6 Kg. De igual manera las camionetas más usuales tienen unas medidas promedio de: 495,3 cm de largo, 183,6 cm de ancho, 176,3 cm de alto y un peso de 1764,6 Kg. De acuerdo a estas dimensiones se determinó que el radio de giro mínimo será de 6,50m.

4.1.4 Determinación de la capacidad de la playa de estacionamiento

De acuerdo a las consideraciones antes descriptas en relación al vehículo tipo, las exigencias establecidas por el reglamento de construcciones de la ciudad de Resistencia y las dimensiones de espacio libre que resulta de sustraer la zona de resguardo de la estación meteorológica, se determinó



que el número de plazas para la playa de estacionamiento será de 82 módulos. Además se dispondrá de 46 módulos para el resguardo de motocicletas.

Dicha playa tendrá la entrada de los vehículos ubicada dentro del Campus situada en el tramo de circulación que se dirige hacia la salida del Campus distanciada a 41,10 metros de la misma. Y la salida de los vehículos se ubicará hacia el noreste con salida por calle Franklin, ubicada a unos 45,4m de la esquina entre Av. Las Heras y calle Franklin. Esto permitirá el des congestionamiento de la salida de los vehículos en los horarios, ya que tendrán la opción de salir por Av. Las Heras o por calle Franklin.

A continuación en páginas siguientes se observan las imágenes del diseño de la playa de estacionamiento. Se observa el diseño de este en el plano n° 2.

Imagen n°4 – Diseño arquitectónico de la playa de estacionamiento del Campus Resistencia.



En la presente imagen se observa la zona de entrada a la playa de estacionamiento, sobre el circuito de circulación vehicular dentro del Campus.



Imagen n°5 – Diseño arquitectónico de la playa de estacionamiento del Campus Resistencia.





Imagen n°6 – Diseño arquitectónico de la playa de estacionamiento del Campus Resistencia.





Imagen n°7 – Diseño arquitectónico de la playa de estacionamiento del Campus Resistencia.



En la imagen se observa la zona de salida de la playa de estacionamiento sobre la calle Franklin, ubicada a unos 45,4 m de la esquina entre Av. Las Heras y calle Franklin.

4.2 Edificio de estacionamiento

El edificio de estacionamiento se emplazará como se mencionó anteriormente en la playa de estacionamiento existente ubicado frente al departamento de Geociencias de la Facultad de Ingeniería.

Dicho edificio será de uso exclusivo para el estacionamiento de vehículos de los usuarios al Campus, contará con una planta baja más dos niveles donde se ubicaran los módulos para el resguardo de los vehículos, además dispondrá de una azotea accesible de cubierta verde para la recreación de las personas que asisten al Campus, este sistema de techos verdes además de su atractivo paisajístico sirve para atenuar las temperaturas y los ruidos del ambiente, y filtrar las partículas contaminantes del aire. También, contribuyen a disminuir la velocidad con la que el agua llega a los pluviales (y así evitar anegamientos) e incentiva la biodiversidad.

El acceso a dicho edificio se hallará ubicado dentro del circuito de circulación del Campus a la altura del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería y la salida estará ubicada en la parte posterior del edificio en dirección al Instituto del Campus.



4.2.1 Capacidad del edificio

En función a las dimensiones del vehículo tipo, las distancias necesarias para la maniobrabilidad, las dimensiones de radio de giro mínimo, y además las dimensiones mínimas necesarias para los módulos expuestos por el reglamento de construcciones de la ciudad de Resistencia se determinó que la cantidad de plazas para el edificio será de 96 plazas. Las medidas de los mismos serán de 5m por 2,50m de ancho.

Se dispondrá de acuerdo al requerimiento expresado por las normas de dos módulos exclusivos para personas con limitaciones cuyas medidas son de 3,30m de ancho por 6m de largo.

4.2.2 Rampa del edificio

El reglamento de construcciones expresa lo siguiente:

Rampas: La rampa tendrá una pendiente máxima del 20% en el sentido de su eje longitudinal. A los “lugares de estacionamiento” se puede acceder mediante rampa fija. El ancho mínimo será 3 m convenientemente ampliado en las curvas, para seguridad de giro de los vehículos. A cada lado habrá una reserva de 0,30m sobre elevado 0,10 m de la correspondiente calzada.

Se diseñó una rampa vehicular semicircular cuya pendiente es de 11% con dos accesos uno de subida a los distintos niveles y otro de bajada a los mismos. El ancho de la rampa es de 3,50 m.

4.2.3 Diseño arquitectónico del edificio

El diseño arquitectónico se basó en el hecho de la maximización de los espacios útiles para el fin al cual se destinará, siendo en este caso la mayor cantidad de vehículos posibles a estacionar por planta, considerando las medidas adoptadas para el cajón y que las maniobras de los vehículos sean lo más simples posibles para entrar y salir del lugar de estacionamiento.

Por estas razones se adoptó un sistema de estacionamiento a 90°, en el cual en el bloque de la izquierda se establecen 15 cajones de medidas reglamentarias tanto en la planta baja como en las plantas tipo. A su vez en el bloque central se adoptaron 13 cajones esto se repite en la planta baja como en las plantas tipo, no sucediendo esto en el caso del bloque derecho el cual solo se establecieron 6 cajones en las plantas tipo.

La elección de la rampa curva se estableció en base a los criterios mencionados, siendo la rampa que más cajones permite ubicar con las maniobras más simples para las dimensiones del edificio en cuestión. Ver plano n°3

4.2.4 Azotea

Para la azotea se estableció una **cubierta verde** debido a las siguientes características que nos brinda dicho sistema:

- Mejora el clima urbano: las cubiertas vegetales humedecen el aire y reducen el calentamiento atmosférico, contribuyendo así a la mejora del microclima en los centros urbanos.



- Reduce la contaminación: las cubiertas vegetales funcionan como un filtro ambiental, reduciendo elementos tóxicos de la atmósfera.
- Incrementan la retención de agua: las cubiertas vegetales son capaces de retener hasta el 90% de la precipitación. Una buena parte de esta agua es devuelta en forma natural a la atmósfera, el resto fluye de manera retardada a los sistemas de desagüe.
- Prolongan la vida útil de la impermeabilización: bajo una cubierta vegetal la impermeabilización se encuentra protegida de las temperaturas extremas, radiaciones ultravioleta y tensiones mecánicas reduciendo el costo de renovación.
- Ofrecen un hábitat naturalizado: las cubiertas vegetales compensan gran parte de las zonas verdes naturales perdidas a causa de la urbanización.
- Superficie libre utilizable: el uso de cubiertas verdes posibilita un sin número de actividades recreativas sin la necesidad de adquirir terreno natural.

A su vez las cubiertas verdes se subdividen en extensivas e intensivas. Las primeras son alternativas ecológicas a las cubiertas convencionales con un bajo nivel de mantenimiento, siendo necesario una o dos inspecciones al año. Las cargas son reducidas ya que el espesor necesario del sustrato para la vegetación es entre 7 a 10 cm de espesor.

En cambio, las cubiertas intensivas son comparables a la construcción de un jardín en una cubierta siendo necesaria un mayor espesor de suelo, lo cual incrementa las cargas, a su vez el nivel de mantenimiento es elevado ya que se necesitan realizar tareas de jardinería como cortar y regar el césped.

Considerando que en nuestro caso la finalidad de la cubierta es la de reducir el caudal pico de las lluvias mediante el efecto retardador que nos ofrece este sistema, combinado con la posibilidad de utilizar dicha superficie en actividades recreativas pero sin llegar al nivel de la construcción de un jardín se optó por una cubierta **verde extensiva**.

El tipo de cubierta verde extensiva nos ofrece para la azotea del edificio:

- Son sistemas más livianos.
- Menor requerimiento estructural (60-150 kg/m²).
- Poseen sustrato superficial.
- Apto para césped, flores, etc.
- Para material vegetal de poca irrigación, mantenimiento o fertilización.
- Alta flexibilidad de aplicación.
- Fáciles de aplicar en edificios convencionales.
- Sustrato de 7 a 10 cm de espesor.
- Menor costo que las cubiertas intensivas.



Las capas que conforman dicha cubierta, ubicadas de arriba hacia abajo, son las siguientes:

1 - **Sustrato:** es el componente que proporciona el medio de crecimiento al material vegetal. Funciona como soporte mecánico para el correcto anclaje de las plantas y/o césped que se quisiera instalar en él. Debe estar compuesto por un alto contenido de sustancias orgánicas. Los pesos promedios de los materiales usados fluctúan entre 100 kg / m³ aproximadamente de vermiculita y 1500 kg / m³ de arena, ambas en peso seco.

2- **Capa filtrante:** está conformada por láminas a base de telas sintéticas (geotextil). Su función es mantener al sustrato en su lugar, evitando también que cualquier partícula, como residuos de las plantas o finos granos de tierra penetren hacia los componentes inferiores y el agua y el aire circulen libremente sin obstrucciones. Además funciona como segunda barrera antiraiz.

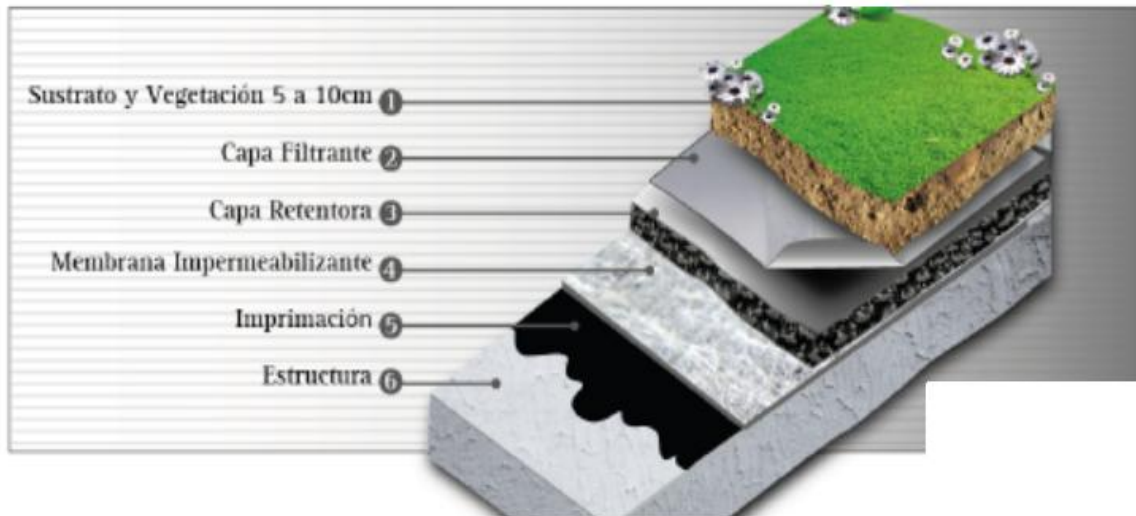
3- **Capa retentora :** la misma va sobre la membrana impermeable y está conformada por láminas nodulares de polietileno de alta densidad denominadas "hueveras". Permite retener agua por medio de su concavidad para mantener una correcta hidratación de la vegetación y su convexidad permite canalizar el agua hacia el desagüe.

4- **Membrana de protección o membranas antiraices :** capa compuesta por la membrana Geotrans de 4mm (membrana asfáltica con revestimiento geotextil), la cual deberá estar pegada completamente sobre la superficie, lo que garantiza una correcta barrera mecánica e hidrófuga.

5- La **imprimación** de la superficie garantiza la correcta adherencia de la membrana a la superficie, asegurando la durabilidad del sistema. Adicionalmente funciona como sellador de poros y microfisuras de las superficie.



Imagen n°8 - Cubierta verde extensiva



En la imagen se representa un esquema de las capas que conforman la cubierta verde de la azotea del edificio.
(fuente: www.megaflex.com.ar/techos-verdes/)

A continuación se observa en las imágenes siguientes el diseño arquitectónico del edificio de estacionamiento.

Ver en el anexo los planos: plano n°2 - Diseño arquitectónico - playa de estacionamiento
plano n°3 - Diseño del edificio de estacionamiento - planta baja
plano n°4 - Diseño del edificio de estacionamiento - planta tipo
plano n°5 - Diseño del edificio de estacionamiento - fachada
plano n°6 - Diseño del edificio de estacionamiento - Cortes



Imagen n°9 – Diseño arquitectónico: edificio de estacionamiento del Campus Resistencia.





Imagen n°10 – Diseño arquitectónico: edificio de estacionamiento del Campus Resistencia.



Se observa en la imagen una vista superior de la azotea accesible de techo verde de dicho edificio



Imagen n°11 – Diseño arquitectónico: edificio de estacionamiento del Campus Resistencia.



Imagen n°12 – Diseño arquitectónico: edificio de estacionamiento del Campus Resistencia.



Se observa en la imagen la parte posterior del edificio donde se encuentra la salida del mismo.



Capítulo 5

Superficie de rodamiento de la playa de estacionamiento

Para poder brindar la transitabilidad de los vehículos dentro de la playa de estacionamiento se optó por diseñar la superficie de rodamiento de tipo semi-permeable, asumiendo que no es conveniente impermeabilizar totalmente la zona, ya que se quiere evitar la acumulación de agua en el sector de estudio debido a que en casos de precipitaciones intensas la zona se vería afectada, por tal motivo se busca el drenaje de las aguas pluviales hacia el terreno y así evitar anegamientos en dicho Campus.

Se recurrió entonces a considerar el diseño de un sistema mixto para la capa de rodamiento de la playa que consiste en:

- ✓ En la zona de tránsito vehicular se colocará un sistema de **pavimento articulado** constituido por adoquines de hormigón. Este tipo de pavimentos articulados provee una capa de rodadura que puede soportar grandes cargas. La variación de formas, dimensiones y colores permiten obtener superficies de agradables aspectos estéticos ya sea para tránsito vehicular ó pedestre.
- ✓ En la zona de módulos es decir donde se ubicarán los vehículos, se colocará **ripio** para la capa de rodadura, conformado por un cierto espesor de material granular, con la colocación de geoceldas que permiten confinar el material para evitar la pérdida del mismo con el paso de los vehículos.

5.1 Zona de tránsito vehicular

Como se mencionó anteriormente en la zona de tránsito vehicular de la playa de estacionamiento se instalará pavimento articulado, constituido por una capa de rodamiento conformada por elementos uniformes macizos de hormigón que se colocan en yuxtaposición adosados y que debido al contacto lateral, a través del material de llenado de la junta, permite una transferencia de cargas por fricción desde el elemento que la recibe hacia todos sus adyacentes, trabajando solidariamente y con posibilidad de desmontaje individual. Este tipo de pavimento se comporta como un pavimento flexible además de proveer las cualidades del hormigón. La textura del pavimento conformado tiene características antiderrapantes, evitando el riesgo de deslizamiento de los vehículos sobre superficies húmedas. La posibilidad de desmontar ó destrabar los adoquines individualmente, facilita las operaciones necesarias para la instalación de cualquier conexión subterránea, reutilizando los mismos adoquines. La particularidad del adoquín permeable es que tiene una geometría tal que una vez instalado quedan intersticios en la junta entre adoquines, sin perder por ello la trabazón, la rigidez y la fricción necesaria para la estabilidad del pavimento, los intersticios entre adoquines son los que proveen de permeabilidad al pavimento.



Cabe aclarar que en la zona de tránsito vehicular no se evaluó la idea de colocar ripio ya que debido a la repetida circulación de los vehículos dentro de la playa producirá el arrastre de material hacia los laterales, provocando zonas de hundimientos y pérdida del material, lo cual llevaría con el tiempo a un mayor costo de mantenimiento de la carpeta de rodamiento.

La zona de tránsito en la cual se colocará el pavimento articulado está compuesta por una superficie de 2.180,9 m². Se observa en el plano n° 7 la zona de pavimento articulado.

5.1.1 Características de la superficie de rodamiento

De acuerdo a censos realizados, que se describen en el capítulo n°2, se determinó que el tránsito medio diario anual TMDA es de 1.464 veh/día para autos y camionetas. Este valor permite definir el volumen de vehículos que circula y además considerando que no circulan por el Campus vehículos pesados como camiones de gran porte o camiones utilitarios, las cargas de tránsito son muy bajas.

Podemos mencionar algunas ventajas que posee la utilización de adoquines:

- ✓ Disminuyen la formación de escorrentía superficial y por tanto la cantidad de aguas pluviales que llega a los sistemas de alcantarillado.
- ✓ Reducen los costos al reducir las dimensiones necesarias de cunetas, sumideros y otros elementos parte del sistema de alcantarillado.
- ✓ Fácil remoción, permite reparar o instalar redes de servicios, asegurando la recuperación del 100% de las piezas para su recolocación.

Los intersticios entre los adoquines permeables son rellenados con arena fina. Los mismos se asientan sobre una cama de arena de algunos centímetros, de 3 a 5 de espesor, de modo que permita la infiltración y el almacenamiento y provean de una superficie lisa de apoyo. La base es de granulometría gruesa y homogénea, permitiendo también la infiltración y el almacenamiento.

5.1.2 Diseño del paquete estructural

Para poder construir la superficie de circulación de la playa de estacionamiento se deberá adecuar y compactar el terreno sobre el cual se va a construir, realizando la estructura portante. Dicha estructura portante (base, sub-base) es más que suficiente para soportar el tránsito al cual va a estar destinado pero, si no se la protege con algún material, al poco tiempo comienza a deteriorarse y, es por esto, que se la debe proteger mediante una capa de rodadura compuesta en este caso por adoquines de hormigón.

Debido a que los pavimentos de adoquines no son puramente flexibles ni puramente rígidos, no es posible, en rigor, aplicar el enfoque de daño equivalente del método AASHTO. Sin embargo, ante la



ausencia de métodos que expliquen adecuadamente la forma de estimar el (factor de ejes equivalentes) para pavimentos de adoquines, el método AASHTO puede ser utilizado asumiendo que el pavimento de adoquines se comporta como pavimento flexible.

Para el cálculo de los ejes equivalentes de diseño se utilizó el método basado en los factores de equivalencia de la DNV (Dirección Nacional de Vialidad) para pavimentos flexibles, para el TMDA de diseño, una vida útil de 20 años.

Las capas que conforman el paquete estructural son las siguientes:

1. Subrasante
2. Subbase - suelo-cal (4% cal). Compactación: 100 %, tolerancia: 2 %.
3. Base - estabilizado granular
4. Cama de arena
5. Adoquines: se escogió adoquines tipo “A” corresponden a unidades dentadas que se traban unas con otras proporcionando las mejores condiciones de inter-trabazón ante la aplicación de fuerzas verticales y horizontales de forma espina de pescado a 45°, lo que determina una menor deflexión. Se observa en el gráfico siguiente el tipo adoptado.

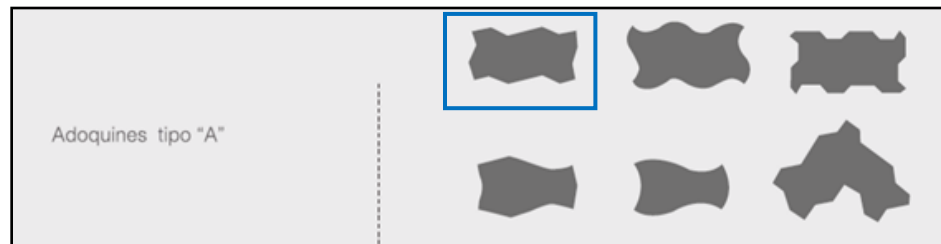


Grafico n° 13. (fuente: Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón-Instituto del cemento y de hormigón de Chile - ICH).

Descripción de las capas

1. Subrasante: es el terreno natural o suelo encargado de soportar el pavimento. Según datos de estudios de suelos de granulometría y límites de Atterberg brindados por el departamento de Vías de Comunicación de la Facultad de Ingeniería determinado en una zona cercana al Campus- Resistencia, se pudo clasificar el suelo según el HRB como un A- 6 (9), ver planilla n°1. Lo que indicaría un suelo malo no apto como material de aporte estructural. Para este suelo se realizó el ensayo de compactación proctor, obteniendo la densidad máxima = 1,57gr/cm³ y una humedad óptima de 27,3% y un **valor soporte de 8%**, ver planilla n°2.



2. Sub-base: Se consideró una sub-base de estabilizado suelo – cal de 20 cm de espesor, consiste en una mezcla íntima de suelo, cal y agua, que compactada a alta densidad se transforma, por la acción de la cal, en un material fuerte y durable con buena resistencia a compresión y flexión, manteniéndose estas propiedades a través del tiempo.

2.a) Procedimiento de dosificación:

Con el gráfico n°14 de Mc. Dowell que se muestra a continuación se ingresa al mismo con el porcentaje de suelo que pasa el tamiz n° 40 y el I.P se obtiene el porcentaje de cal con el que luego se moldearan las probetas.

Porcentaje que pasa el tamiz n° 40 = 93 %

Índice de Plasticidad = 12,2%

Porcentaje de cal = 2,5% (obtenido del gráfico)

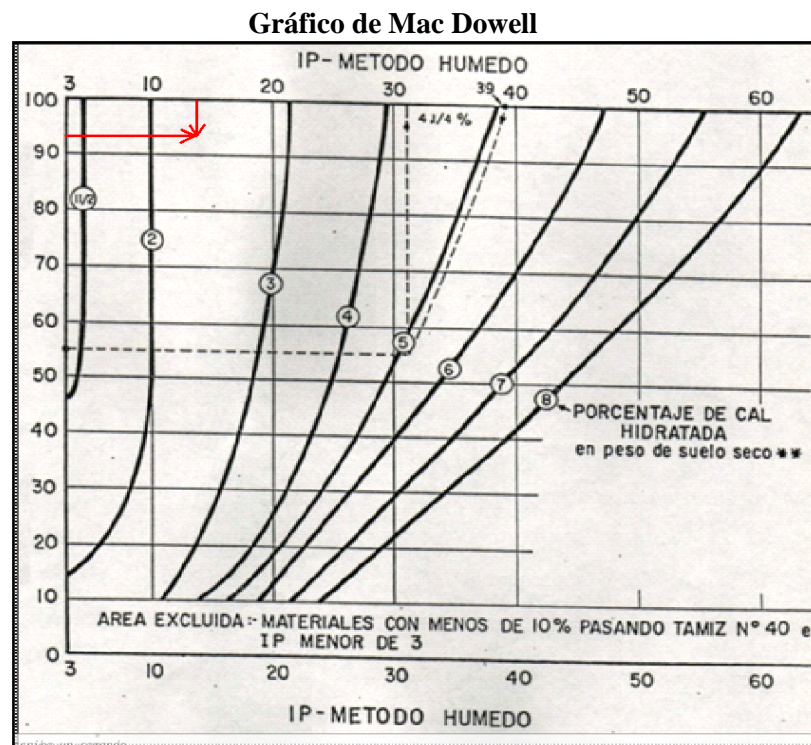


Gráfico n° 14. (fuente: Manual de diseño de pavimentos ASHTOO- Año 1.993)

Se procede luego a realizar los ensayos de laboratorio para porcentajes de cal por arriba y por debajo del obtenido del ábaco, hasta lograr aquel que nos permita lograr cumplir con las exigencias de resistencia requerida, realizado esto se obtuvo que el porcentaje de cal óptimo a colocar es del 4%.



En nuestro país contamos con la norma de Vialidad Nacional Norma V.N.E. E 33 - 67 “Ensayo de Compresión para probetas compactadas de suelo-cal ó suelo-cemento”. Este ensayo fue brindado por el departamento de Vías de Comunicación de la facultad de Ingeniería para la misma muestra analizada en el punto anterior.

a.1) Exigencias a cumplir:

Según VN y VP establecen los siguientes valores mínimos de resistencia a compresión simple. (Ensayo no confinado)

Subrasantes	5 kg/ cm ²
Sub-bases	7,5 kg/ cm ²
Bases	10 kg/ cm ²

De acuerdo al ensayo de compresión para probetas compactadas de suelo-cal se obtuvo un valor de resistencia a la compresión simple de 8,2kg/ cm² mayor a 7,5kg/cm² exigido por la norma lo que indica buenas condiciones. Ver planilla n°3.

Además de acuerdo a ensayos de compactación proctor estándar (Norma de EnsayoVN-E-19-66 "Compactación de mezclas de suelo-cal y suelo-cemento") brindado también por el departamento de Vías de Comunicación (ver planilla n°4), se obtuvo con la incorporación de 4% de cal para la muestra analizada los siguientes resultados:

Densidad máxima = 1,56 gr/cm³

Contenido óptimo de humedad = 29%

a.2) Exigencias a cumplir (compactación):

Se realiza a máxima densidad, según la Norma V.N.E. 19 - 66. El Pliego de la Dirección Nacional de Vialidad del año 1998, establece que la densidad promedio de cada tramo a controlar será mayor o igual al 100% de la densidad antes mencionada, no se admitirán valores individuales inferiores a 98% de la densidad media del tramo. Los valores de densidad de cada tramo terminado se efectuarán como se indica en la norma V.N.E. 8 – 66 “Control de Compactación por el Método de la Arena”, cada 1000 metros cuadrados como máximo.

Cálculo de la cantidad de bolsas de cal a colocar

$$S \text{ máx} = 1,56 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Densidad máxima obtenida del ensayo proctor)}$$



$$\text{Porcentaje de cal} = 4\%$$

$$S \text{ suelta} = 1,38 \text{ gr/cm}^3 \text{ (Densidad suelta)}$$

$$\% \text{ de desperdicios} = 0,3\%$$

$$\text{Cal} = 4\% + 0,3\% = 4,3\%$$

Consideramos como ancho de camino un metro, si bien se trata de una playa de estacionamiento, se multiplicará luego por el ancho total de la playa, para determinar luego en el presupuesto la cantidad total de cal a colocar:

$$\begin{aligned} \text{Volumen del material} &= \text{ancho} * \text{espesor} * \text{largo} = 1\text{m} * 0,20\text{m} * 1\text{m} \\ &= 0,20 \frac{\text{m}^3}{\text{m}} \text{ para 1 m de ancho} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso del material compactado} &= \text{Vol. del material} \frac{\text{m}^3}{\text{m}} * S \text{ máx} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,20 \frac{\text{m}^3}{\text{m}} * 1560 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ &= 312 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \end{aligned}$$

$$\text{Peso de la mezcla suelo - cal} = \text{Peso del suelo seco (Pss)} + \text{Peso cal (Pc)} =$$

$$P_m = P_{ss} + P_c \quad P_c = 0,043 \cdot P_{ss}$$

$$P_m = P_{ss} + 0,043 \cdot P_{ss} = 1,043 P_{ss}$$

$$P_m \text{ (peso del material compactado)} = 1,043 \cdot P_{ss} = 312 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ para 1 m de ancho}$$

$$\rightarrow P_{ss} = \frac{312 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{1,043} = 299 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ para 1 m de ancho de camino}$$

$$P_c = 0,043 * P_{ss} \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 0,043 * 299 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 13 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ para 1m de ancho de camino}$$

Cálculo del volumen de suelo:

$$\text{Vol} = \frac{P_{ss}}{\text{Densidad Suelta}} = \frac{299 \text{ kg/m}}{1380 \text{ kg/m}^3} = 0,22 \frac{\text{m}^3}{\text{m}}$$

Para la sección del caballete: $0,22 \text{ m}^2$

$$\text{Espesor} = \frac{0,22 \text{ m}^2}{1\text{m}} = 0,22 \text{ m}$$

Incorporación de cal: (en bolsas de 25 kg)



$$\frac{P_c}{25 \text{ kg/bolsa}} = \frac{13 \text{ kg/m}}{25 \text{ kg/bolsa}} = 0,5 \frac{\text{bolsa}}{\text{ml}} \text{ para 1 metro de ancho de camino}$$

Una vez hallado el espesor de la sub base se procedió a determinar los espesores de base, capa de arena y adoquín de hormigón. Como se mencionó anteriormente se utilizó para el dimensionamiento de dichos espesores el Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón - ICH. Para la elección de los espesores se evaluaron los siguientes datos:

- ✓ TMDA = 1.465vehículos/día
- ✓ Ejes equivalentes = $3,56 \times 10^5$ (se determinó en función al método basado en los factores de equivalencia de la DNV - Dirección Nacional de Vialidad- para pavimentos flexibles.)
- ✓ $EE_{día} = \frac{(3,56 \times 10^5)}{365} = 48,77 \approx 50 \rightarrow$ Tipo de tráfico: nivel medio - Categoría: IIA
- ✓ $VSR_{\text{subrasante}} = 8\%$

A continuación se observa en la tabla siguiente la categoría del tráfico en función a los ejes equivalentes por día:

Tabla n°27. Clasificación de tráfico según nivel de solicitaciones

Tipo de tráfico		Nivel de solicitación			Descripción	
Nivel	Categoría	EE/día	EEAx10 ⁶	Veh/día (1)		
Pesado	I	IA	>1000	>0,5	Estimar	Calles, caminos y accesos a desarrollos industriales, comerciales y otro con alta presencia de vehículos pesados.
		IB	<1000	>0,5	Estimar	
		IC	<200	>0,5	Estimar	
Medio	II	IIA	<60	>0,5	>5	Calles, caminos, pasajes, retornos, estaciones de servicio y espacios peatonales con presencia de vehículos pesados,
		IIB	<60	<0,5	<5	
Liviano Peatonal	III	IIIA	<5	-	<1	Áreas peatonales en que circulan eventualmente vehículos pesados como pasajes o calles de condominios. Estacionamientos de desarrollos comerciales, industriales, deportivos u otros que reciben vehículos pesados.
		IIIB	0	-	0	
	IV	0	-	0	Áreas peatonales, estacionamientos interiores a domicilios, parques y jardines, veredas, paseos peatonales,	

EE: Ejes Equivalentes; EEA: Ejes Equivalentes Acumulados totales en la vida de diseño; Veh/día: Vehículos de más de 1.500 kg
(1) Incluye todo vehículo pesado excepto camionetas, minibuses, jeeps (SUV) y automóviles en general

(fuente: Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón –Instituto del cemento y de hormigón de Chile - ICH).



De acuerdo a la categoría del tráfico hallada y al dato del Valor Soporte (CBR) es posible determinar los espesores para las distintas capas .A través de la tabla siguiente se hallaron dichos espesores

Tabla n°28. Espesores de base y sub base para diseño con adoquines de hormigón

Tipo de Tráfico		Espesor de subbase granular, en mm, según CBR, en %					Espesor de base tratada (mm) (2)	Espesor de cama de arena (mm)	Clase de Adoquín mínima (3)	
Nivel	Categoría	2	3	4	5	≥6				
Medio	II	IIA	400	350	250	150	150	150	40	80
		IIB								
Liviano	III	IIA	350	300	225	150	150	100	40	60
		IIB	250	150	100	100	0	100	40	60
		IIB	300	250	180	100	100	100	40	60
Peatonal	IV	200	150	130	100	100	100	40	60	

(1) El diseño considera sólo base y subbase granular. Los espesores corresponden a espesores mínimos salvo el de la cama de arena.

(fuente: Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón –Instituto del cemento y de hormigón de Chile - ICH)

Obteniendo como espesores de capas las siguientes:

- ✓ Base granular de 15cm
- ✓ Capa de arena de 4cm
- ✓ Adoquín de hormigón de 8cm de espesor

3. Base Estabilizado Granular: Se colocará un estabilizado de material granular de 15 cm de espesor, este trabajo consiste en la construcción de una base constituida por agregados pétreos (trituration de ripio, tosca y rocas, o en una mezcla de esos materiales) con o sin incorporación de suelos. Se debe cumplir las exigencias establecidas por el pliego de especificaciones técnicas de la DNV-1.998 en cuanto a las condiciones de granulometría, plasticidad, valor soporte y contenido de sales que se indican en la especificación particular, además deberá cumplir con las exigencias de compactación.

4. Cama de arena: Se ubicará una capa de arena de 4cm de espesor, esta capa tiene tres funciones, servir de filtro para que el agua pueda penetrar por las juntas, de capa de acomodo para los adoquines y, al penetrar por las juntas, ayudar a que estos se amarren entre sí. La arena deberá ser de río, gruesa y limpia.

5. Carpeta de rodamiento: se instalará para la carpeta de rodamiento un pavimento inter-trabado materializado con adoquines de hormigón, se colocará adoquines de 8cm de espesor apoyados sobre la cama de arena.

Las descripciones de los adoquines a colocar para la carpeta de rodamiento se describe en la tabla siguiente:



Tabla n°29. Características técnicas de los adoquines a colocar

Con un espesor de 8 cm para todo tráfico peatonal, animal o vehicular corriente.

Adoquines: forma y tamaño.

Adoquines de Hormigón			
Modelo	HOLANDA	Modelo	UNI
Alto	8 cm	Alto	8 cm
Peso	3,5 kg	Peso	4,3 kg
Rendimiento	50 unid./m ²	Rendimiento	40 unid./m ²
Empaque	500 u./pallet	Empaque	400 u./pallet



Colores Disponibles

- Gris
- Negro
- Terracota
- Ocre

(fuente: <http://www.tensolite.com.ar>)

Se adopta el modelo UNI (tipo A) de 8cm de espesor.

Para los sectores de empalme entre el pavimento de adoquines y el enripiado, se construye un cordón de confinamiento de hormigón 0,15m de ancho por 0,30m de alto, quedando su terminación al ras entre los distintos materiales para permitir la circulación de los vehículos, que marque el cambio de tipo de pavimento.

Para la definición de la cota de proyecto, es decir la que debe tener la cota a la que estará la superficie de rodamiento se tuvo en cuenta el siguiente planteo:

La diferencia de nivel entre cota de proyecto y la cota del cordón cuneta del pavimento en ese sector será al menos lo que resulte de la suma:

$$H = hcc + i * Lv$$

Donde:

H: diferencia mínima entre cotas de proyecto y cuneta.

hcc : altura del cordón cuneta= 0,15m

i : pendiente transversal de vereda (2,5%).

Lv: Longitud transversal de vereda = 5,28m

$$H = 0,15m + 0,025 * 5,28m = 0,28m$$

Por lo tanto se definió como cota de proyecto como la suma entre la cota de la boca calle de la calle Franklin recientemente pavimentada igual a 49,84m y la diferencia de nivel, lo que da un valor de cota de proyecto de 50,12m.

Cabe aclarar que las cotas están relacionadas con el punto fijo n° 13 de la nivelación general de la ciudad de Resistencia.

A continuación se observa un esquema de la conformación de las capas del paquete estructural.

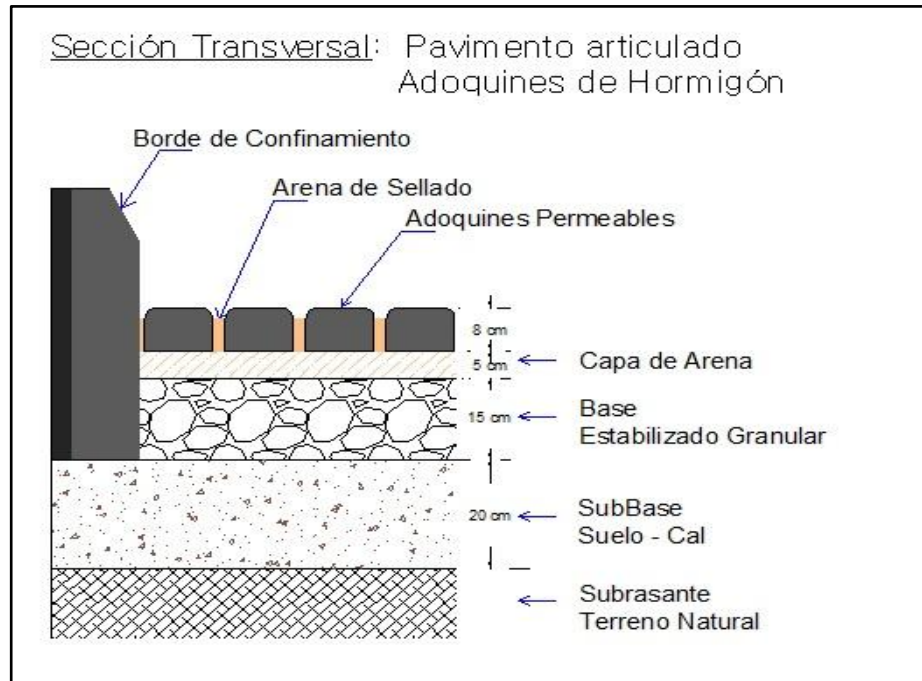


Grafico n° 15. Detalle de la sección transversal del pavimento articulado (fuente: elaboración propia).

5.2 Zona de módulos

Se considero para la zona de ubicación de los vehículos una superficie de rodamiento de tipo enripiado, ya que se busca con este sistema permitir el drenaje de las aguas pluviales hacia el terreno. La capa de rodamiento estará compuesta por una base suelo –cal compactada y una capa de rodamiento de material granular, será conformado por un sistema que provoca el confinamiento del material granular, llamado “sistema de confinamiento geocelular ” este medio permite:

- ✓ Minimizar significativamente la formación de baches.
- ✓ Distribuye las cargas lateralmente y reduce la deflexión vertical así como la presión de contacto en la subrasante.
- ✓ Controla el efecto cortante y el movimiento lateral del material de relleno grueso y permeable.
- ✓ Con relleno de granulometría abierta, reduce el escurrimiento de las aguas pluviales y forma un depósito de contención / retención de agua.
- ✓ El relleno confinado en el sistema produce una losa semi-rígida con alta resistencia a la flexión

La zona de módulos está compuesta por una superficie de 1.504m^2 . Se representa en el plano n°7 dicha zona donde se ubicaran los vehículos que concurren a la playa de estacionamiento.



5.2.1 Diseño del paquete estructural

Las capas que conforman el paquete estructural son las siguientes:

1. Subrasante

2. Base suelo – cal (4%) - espesor: 20 cm. Compactación: 100%, tolerancia: 2%

3. Carpeta de rodamiento – enripiado. Conformado con geoceldas - espesor: 15cm

1. Subrasante: ya se definió en el punto anterior el tipo de suelo encontrado en la zona cercana al Campus es un A-6 (9), lo que implica un material no apto como aporte estructural.

2. Base suelo- cal: se colocará una capa de suelo - cal de 20 cm de espesor con agregado de 4% de cal del peso de suelo seco, para poder darle estabilidad a la capa y brindar aporte estructural a la misma. Se determinó en el punto anterior los ensayos de compresión simple y compactación proctor estándar para la muestra de suelo – cal, así como la cantidad de bolsas de cal a colocar, vale lo mismo para este punto.

3. Carpeta de rodamiento: se propuso para la carpeta de rodamiento una capa de 15cm de espesor conformada de ripio natural, zarandeado o triturado con o sin incorporación de suelos.

Dicha capa deberá cumplir con las exigencias que se especifican en el pliego general de DNV-1.998.

3.1) Mezcla

El ripio o mezcla de ripio y suelo destinado a la formación del enripiado deberá responder a las siguientes exigencias de granulometría y plasticidad:

Pasa Tamiz	%
1" (25mm)	100
Nº4 (4mm)	50-90
Nº40 (420µ)	20-50
Nº200 (74µ)	10-25

Índice de plasticidad %→ de 5 a 10

Límite líquido %→ menor de 35

3.2) Exigencias a cumplir

En cada tramo se deberá cumplir con las siguientes exigencias de compactación:

1) En cada tramo constructivo se efectuarán un mínimo de 9 (nueve) determinaciones de densidad exigiéndose que el valor medio de la densidad seca (δ_{som}) sea mayor o igual que el 97% de la densidad seca máxima obtenida en laboratorio con la misma mezcla para el ensayo tipo V (δ_{lm}) según la norma de ensayo V.N.E-5-93.



$$\delta_{som} > 0,97 \delta_{slm}$$

II) Como exigencia de uniformidad de compactación la densidad seca de cada determinación (δ_{so}) deberá ser mayor o igual que el 98% de (δ_{som}) de los valores obtenidos en la cancha.

$$\delta_{so} > 0,98 \delta_{som}$$

Se admitirá un solo valor de Dso por debajo de lo exigido en II.

Si no se cumplen las exigencias I ó II se rechazará el tramo.

Dslm será la media de 6 ó más ensayos efectuados con la fórmula de obra.

3.3) Paneles de geoceldas

La capa de ripio estará confinada por paneles que están constituidos por tiras texturizadas y perforadas de polietileno de alta densidad soldadas entre sí por ultrasonido. A este sistema se lo suele denominar comúnmente “**geoceldas**”. Al ser extendidos en obra, estos paneles crean enormes estructuras plásticas en forma de “panal de abejas”, cuyas celdas pueden ser rellenas con distintos materiales como ser: arena, suelo vegetal, piedra, hormigón, etc.

Las paredes perforadas aumentan la trabazón del material de relleno, y eventualmente de la vegetación, facilitando además el drenaje en el plano del panel.

A continuación se representa en la tabla siguiente las características técnicas de los paneles de geoceldas estandar:

Tabla n°30

Las secciones de GEOWEB® se suministran en varios tipos de celdas, con profundidades variables, y en longitudes que permiten responder en la forma más económica a los requisitos de cada proyecto.

Tipo de Celda	Ancho de Sección	Rango de Longitud de Sección	
		Número de Celdas a lo largo: 18, 21, 25, 29, 34	
	Variable	Mínimo	Máximo
GW20V	2.3 m to 2.8 m	3.7 m	8.3 m
GW30V		4.7 m	10.7 m
GW40V		7.7 m	17.8 m

Profundidades o alturas de celda disponibles	75 mm, 100 mm, 150 mm, 200 mm
---	-------------------------------

El tamaño y profundidad de celda se determinan de acuerdo a las características de la aplicación, problema o de la solución deseada. Para mayor información, ver las especificaciones de los materiales GEOWEB®.

Características técnicas de las geoceldas comerciales (fuente: catálogo pavitec. Concrete S.A)

Se adoptó para el confinamiento del ripio una altura de geocelda estándar de 15cm de tipo GW30V.

Se observa seguidamente una imagen de la geocelda:

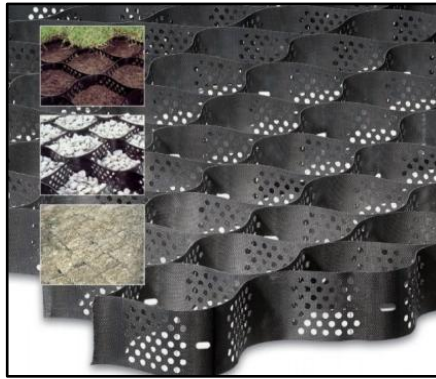
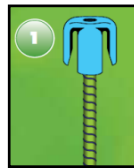


Imagen n°13. Geocelda comercial (fuente: catálogo pavitec. Concrete S.A)

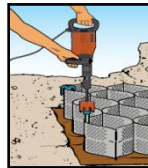
3.3.a) Colocación de las geoceldas

Para facilitar y acelerar la colocación de la geocelda en la obra se recurre a componentes o dispositivos desarrollados para aumentar la velocidad de instalación, la productividad y la economía en general. Dichos dispositivos se describen a continuación:

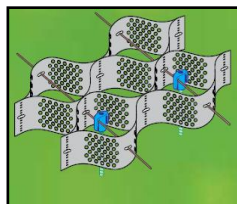
- ✓ **Anclajes:** reducen el tiempo y los costos de los materiales durante la instalación del sistema de geocelda. Son más sencillos de clavar que las estacas de gancho tipo J; mejoran la productividad durante la instalación y permiten utilizar menos materiales.



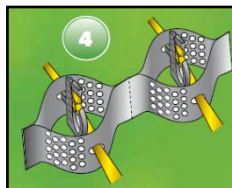
- ✓ **Clavador :** facilita y agiliza la colocación de anclajes y permite a los trabajadores realizar un menor esfuerzo.



- ✓ **Anclaje con tensores:** brindan un anclaje adicional para resistir las fuerzas de deslizamiento o empuje.

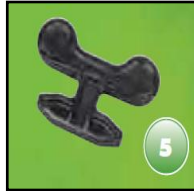


- ✓ **El clip para tensores:** es un dispositivo eficiente de transferencia de carga que permite transferir cargas desde la pared de celda hasta los tensores. Los clips completamente conectados permiten obtener un montaje previo más sencillo.





- ✓ El dispositivo para llaves ATRA, diseñado para obtener una conexión más rápida de las secciones de la geocelda, reduce el costo de instalación de los contratistas y proporciona conexiones tres veces más resistentes que las grapas.



A continuación se representa la conformación de las capas del paquete estructural.

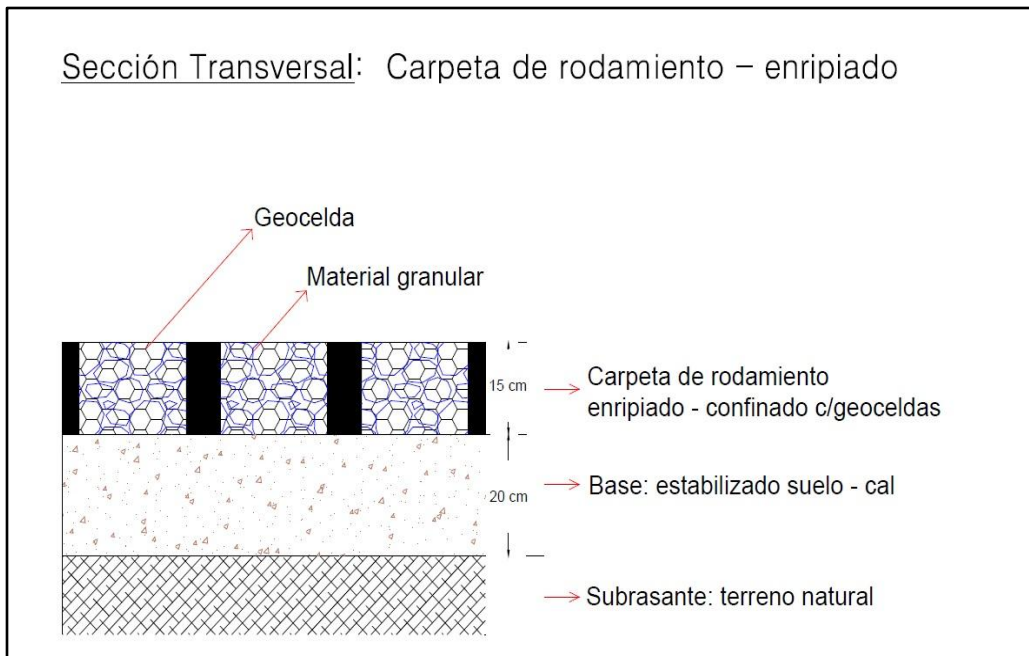


Grafico n° 16. Detalle de la sección transversal de la superficie enripiada (fuente: elaboración propia).



Capítulo 6

Desagües pluviales de la playa de estacionamiento

De acuerdo al reglamento de Obras Sanitarias de la Nación (OSN), se deberá cumplir que los desagües superficiales de las áreas descubiertas de estacionamientos, estaciones de servicio, lavaderos de autos, entradas de garajes, etc, no deben escurrir a la acera, por eso es obligatorio coleccionarlos en canaletas de piso “reja” ubicados en el límite con los límites municipal, que desaguarán a la calzada mediante caños enterrados.

Respetando lo dicho anteriormente se llevo a cabo el diseño del sistema de desagüe pluvial de la playa de estacionamiento del Campus Resistencia, como primera medida se tuvo en cuenta la topografía de la zona, se identificaron las curvas de nivel del terreno natural en al área de estudio, datos que fueron brindados por el departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería. A través de estos puntos de cotas conocidas se determinaron las líneas de escurrimiento superficial con el fin de identificar y trazar los parte aguas que definen los límites de las sub áreas a utilizarse para el posterior cálculo del dimensionado del desagüe. Se observa en el plano n° 8, las líneas de escurrimiento y delimitación de las sub áreas de aporte.

Se llego a definir de esta manera 3 sub- áreas cuyas superficies se muestran en la tabla siguiente:

Tabla n°31. Superficie de las sub-áreas de aporte

Sub- área	Superficie (m ²)	Superficie (Km ²)
Sub- área 1	1.424,97	0,00142
Sub- área 2	272,82	0,000272
Sub- área 3	1.972,5	0,00197

(fuente: elaboración propia)

Para poder dimensionar las cunetas de desagüe y conductos que derivan el agua pluvial al sistema colector exterior ubicados en Av. Las Heras y calle Franklin, se determinó el escurrimiento superficial directo (caudal pico) que provoca una tormenta de diseño utilizando el método racional, aplicable a cuencas urbanas de áreas inferiores a 3km², el cual está definido por la siguiente fórmula:

$$Q = 0,275 * C * I * A$$

Donde:

Q: Caudal pico en (m³/s)

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad media en (mm/h)

A: área de la cuenca en (km²)



6.1 Determinación de los parámetros

6.1.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y su valor está comprendido entre 0 y 1, es la variable que presenta mayor incertidumbre para su determinación, en el que el porcentaje de lluvia que va a producir escurrimiento dependerá del porcentaje de permeabilidad, de la pendiente y de las características de encharcamiento de la superficie; también depende de las características y las condiciones del suelo, la intensidad de lluvia y la proximidad del nivel freático.

Para determinar el coeficiente de escorrentía es necesario conocer tanto las características de la superficie (uso del suelo) como el tiempo de retorno, dependiente del tipo de ocupación de área para el cual se diseñará la obra.

Para la determinación del tiempo de retorno, se usó la siguiente tabla propuesta por la bibliografía “Drenagem Urbana” Tucci -1.995.

Tabla n°32. Tiempo de retorno

Tipo de obra	Tipo de ocupación de área	TR (años)
Microdrenajes	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas con edificios de servicios públicos	5
	Aeropuertos	2 - 5
	Áreas comerciales con arterias de tráfico	5 - 10
Macro drenajes	Áreas comerciales y residenciales	50 - 100
	Áreas de importancia específica	500

(fuente: “Drenagem Urbana” Tucci -1.995)

De acuerdo al análisis de la zona en estudio el Campus - Resistencia de la Universidad Nacional del Nordeste se encuentra en un área residencial con edificios de servicios públicos, teniendo en cuenta además de que se trata de una obra de microdrenajes se adoptó como tiempo de recurrencia $Tr = 5$ años.

Se estimó también las características de uso del suelo para cada sub- área de la zona en estudio a través de una observación visual. Siendo los resultados de este análisis los siguientes:



Tabla n°33. Porcentaje de zonas verdes y zonas impermeables

Sub- áreas	Porcentaje de zonas impermeables	Porcentaje de zonas verdes
Sub- área 1	96 %	4%
Sub- área 2	98 %	2%
Sub- área 3	-	100%
Sub- área 4	94 %	6%

(fuente: elaboración propia)

A través de la tabla siguiente propuesta por la bibliografía “Hidrología Aplicada”, autores: Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W.Mays, se determinó el coeficiente de escorrentía en función al uso del suelo y tiempo de recurrencia:

Tabla n°34. Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

Características de la superficie	Coeficiente de escorrentía para TR= 5años
Concreto/ techo	0,80
Zonas verdes (condición pobre) cubiertas de pasto Menor del 50% del área. Pendiente:(0 al 2) %	0,34

(fuente: “Hidrología Aplicada”- Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W.Mays)

Multiplicando estos coeficientes por los respectivos porcentajes de ocupación del área, se determino para cada sub-área los coeficientes de escorrentía que se describen a continuación:

Tabla n°35. Coeficientes de escorrentía para cada sub-área

Sub - áreas	Zona impermeable	Coeficiente Esc. Zona impermeable	Zona permeable	Coeficiente Esc. Zona permeable	Coeficiente de Escorrentía
Sub - áres 1	96%	0,8	4%	0,34	0,78
Sub - áres 2	98%		2%		0,79
Sub - áres 3	94%		6%		0,77

(fuente: elaboración propia)

6.1.2 Intensidad de precipitación

La intensidad media máxima se determina a partir de la curva intensidad- duración - frecuencia (IDF) construida con datos medidos en el sitio de estudio. Con dichas curvas se adopta una duración de lluvia de diseño igual al tiempo de concentración de la cuenca y para una recurrencia especificada se obtiene la intensidad media máxima.

- ✓ Para la determinación del tiempo de concentración T_c empleamos la fórmula propuesta por Kirpich:

$$T_c = 3,989 * L^{0,77} * S^{-0,385}$$



Donde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos

L: máxima longitud de recorrido del agua (km)

S: pendiente media del recorrido antes mencionado

Como la fórmula propuesta se desarrolló para cuencas rurales, se afectó a la misma por un coeficiente de corrección igual a 0,4 para ser utilizada en cuencas con flujo superficial en superficies de concreto o

asfalto, quedando:

$$Tc = 0,4 * (3,989 * L^{0,77} * S^{-0,385})$$

- ✓ Se pone de manifiesto también la expresión matemática que ajusta analíticamente los valores de Ip:

$$Ip = \frac{A}{(Td + B)^C}$$

Esta expresión relaciona la duración del evento Td con la intensidad de precipitación Ip a través de 3 parámetros de ajustes adimensionales A, B y C que adquieren distintos valores según el tiempo de recurrencia.

El ajuste realizado se centro en la valoración de aquellos parámetros A, B y C que minimizan la sumatoria de los errores absolutos que se cometen al ajustar los pares de valores obtenidos mediante el estudio estadístico (intensidad de precipitación - duración), con los calculados a través de la fórmula matemática. Los parámetros A, B y C que mejor han ajustado para las relaciones intensidad de precipitación - duración - frecuencia sobre las series de datos de pluviografía proporcionados por la estación experimental del INTA, la APA, Facultad de Ingeniería de la UNNE, se presentan en la tabla siguiente:

Tabla n° 32 .Expresa los coeficientes de la curva IDF para el AMGR. Resolución APA 071/97

Tiempop de retorno	Parámetros obtenidos		
	A	B	C
2 años	746,0,19	8,12	0,6375
5 años	1,205,735	11,824	0,6846
10 años	1.639,94	14,861	0,7193
25 años	2,366,837	18,427	0,7629
50 años	2.563,11	19,88	0,756

Por lo dicho anteriormente para hallar el valor de Ip se debe conocer Td y Tr.

El Tr = 5 años se adoptó al hallar el coeficiente de escorrentía.



Adoptando el tiempo de duración de la lluvia T_d igual al tiempo de concentración T_c de la cuenca se obtiene el caudal máximo a la salida de la misma.

Se determina a continuación la intensidad de precipitación I_p para las sub-áreas de la zona en estudio:

Tabla n° 33. Intensidad de precipitación para cada sub-área

Sub -áreas	Longitud máxima	Pendiente media	Tiempo de concentración	Intensidad de precipitación
	L (Km)	S (m/m)	T_c (minutos)	I_p (mm/hs)
Sub -área 1	0,020	0,015	0,388	217,39
Sub -área 2	0,0087	0,015	0,208	219,61
Sub -área 3	0,030	0,015	0,543	215,51
Sub -área 4	0,047	0,015	0,767	212,89

(fuente: elaboración propia)

6.2 Cálculo de caudales

Aplicando la fórmula propuesta por el método racional se calcularon los caudales correspondientes a cada sub-cuenca:

Tabla n° 34. Caudales pico para cada sub-área

Sub - área	Caudal pico (m^3/s)
Sub - áres 1	0,07 (m^3/s)
Sub - áres 2	0,013 (m^3/s)
Sub - áres 3	0,09 (m^3/s)

(fuente: elaboración propia)

6.3 Determinación de las dimensiones del sistema de desagüe

A partir de los valores de caudal pico obtenidos podemos comenzar a dimensionar el sistema o red de desagües pluviales. El sistema de desagües de la playa del Campus estará compuesto por un cordón cuneta de hormigón que recogerá el agua de lluvia y se derivará la misma a una cuneta perimetral revestida de concreto que se vincula al sistema colector exterior por medio de conductos secundarios, además se tapará la cuneta con rejillas para que permita el ingreso del agua. Dicho sistema se observa en el plano n°8.

Identificamos los elementos que componen el sistema:

- ✓ Cordón cuneta de hormigón.
- ✓ Cuneta perimetral de la playa de estacionamiento
- ✓ Conducto secundario

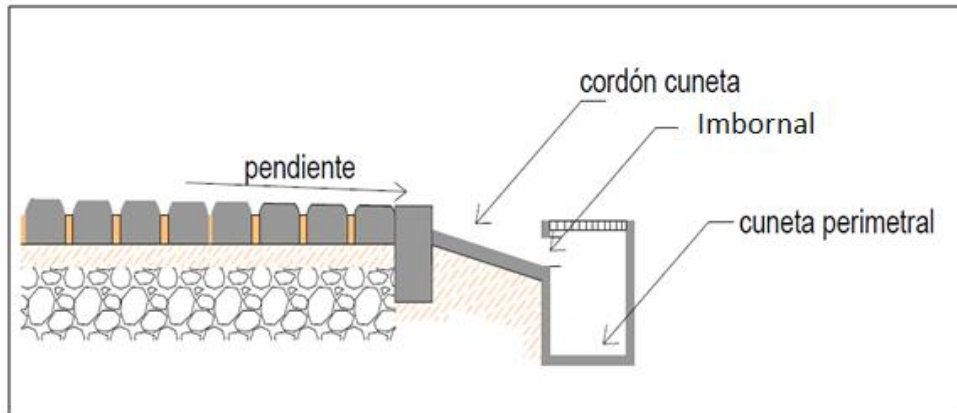


Gráfico n°17. Esquema del sistema de desagüe (fuente: elaboración propia)

6.3.1 Cálculo del cordón cuneta

El cordón cuneta es el elemento del sistema de desagüe que recibe los excesos de agua provenientes de las sub-áreas que se definieron para la zona de estudio, este actúa como un canal, es por ello que para su evaluación se utiliza la ecuación de Manning, de esta forma se distinguen en el gráfico n°17 los elementos que componen el sistema:

Utilizando la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

Siendo:

n :Coeficiente de Manning, en función de la rugosidad de la superficie.

A: Sección transversal a inundar. (m²)

Rh: Radio hidráulico de la sección a inundar. (m). $Rh = \frac{A}{Pm}$

Pm: Perímetro mojado de la sección a inundar (m)

S: Pendiente longitudinal del cordón cuneta (m/m)

Para dimensionar el cordón cuneta se propuso la sección del mismo ver gráfico n°18 y luego se verificó que para dicha sección sea capaz de transportar el caudal Qp para cada sub-área.

$$A = \frac{0,45m * 0,1m}{2} + 0,45m * 0,03m = 0,036 m^2$$

$$P = 0,03m + 0,45m = 0,48m$$

$$S = \frac{0,03m}{m}$$



$$Rh = \frac{A}{P} = \frac{0,036 \text{ m}^2}{0,48 \text{ m}} = 0,075 \text{ m}$$

$n = 0,015$ (para pavimento de hormigón)

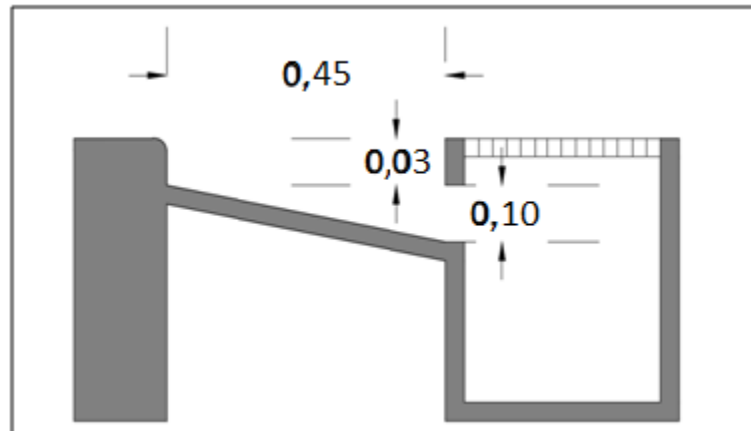


Gráfico n°18. Corte transversal de la cuneta y cordón cuneta (fuente: elaboración propia)

Cálculo del caudal que transporta el cordón cuneta

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * S^{1/2} = \frac{1}{0,015} * 0,034 \text{ m}^2 * (0,071 \text{ m})^{2/3} * (0,03 \text{ m/m})^{1/2} = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$$

Podemos ver que el caudal que es capaz de transportar la cuneta es mucho mayor a los caudales Q_p para las sub-áreas que se necesitan evacuar, por lo tanto estamos en buenas condiciones.

6.3.2 Cálculo de cuneta perimetral de la playa de estacionamiento

Se diseñó una cuneta de forma rectangular de hormigón, la misma recibe el agua de lluvia proveniente del cordón cuneta que se vincula al mismo a través de imbornales que se ubican cada 2,50m, transversalmente al aje longitudinal de la cuneta. Se puede asumir que la cuneta actúa como un canal, es por ello que para su evaluación se utiliza la ecuación de Manning:

Utilizando la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

Siendo:



n : Coeficiente de Manning, en función de la rugosidad de la superficie.

A: Sección transversal a inundar (m^2)

Rh: Radio hidráulico de la sección a inundar. (m). $Rh = \frac{A}{Pm}$

Pm: Perímetro mojado de la sección a inundar. (m)

S: Pendiente del pelo de agua (m/m)

Para dimensionar la cuneta se propuso la sección de la misma ver gráfico n°19 y luego se verifico que para dicha sección sea capaz de transportar el caudal Qp para cada sub-área.

✓ Siendo los elementos de la cuneta:

h: tirante hidráulico

Bf: ancho de fondo

Pm: perímetro mojado

Se adopta entonces a priori las dimensiones de las características geométricas del canal para estimar la sección A de cuneta a través de la fórmula para canales rectangulares:

Adoptando:

Bf: 0,40 m (ancho de fondo)

h: 0,45m (tirante)

Perímetro mojado = $0,45 + 0,40 \text{ m} * 2 = 1,2\text{m}$

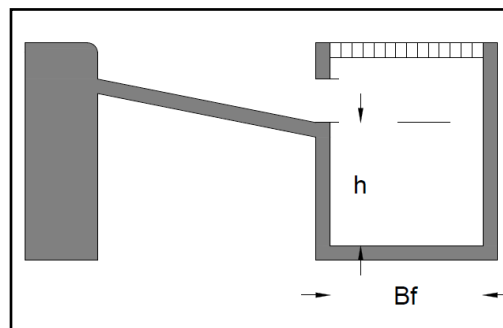


Gráfico n°19.Corte transversal de la cuneta indica dimensiones (fuente: elaboración propia)

$$A = Bf * h = 0,4 * 0,45 = 0,18 \text{ m}^2$$

Una vez calculado las características geométricas de la cuneta se calcula el caudal que es capaz de transportar, con la ecuación de Manning:



$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

Siendo:

$n = 0,013$ (para canales revestidos con hormigón)

$A = 0,18m^2$

$Rh = \frac{0,18 m^2}{1,2 m} = 0,15 m$

$S = 0,03m/m$ (pendiente longitudinal de la cuneta)

$$Q = \frac{1}{0,013} * 0,18 m^2 * (0,15m)^{2/3} * (0,03 \frac{m}{m})^{1/2} = 0,7 \frac{m^3}{s}$$

Podemos ver que el caudal que es capaz de transportar la cuneta es mucho mayor a los caudales Q_p para las sub – áreas que se necesitan evacuar, por lo tanto estamos en buenas condiciones.

6.4 Cálculo de los conductos secundarios

De acuerdo al Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias e Industriales de Obras Sanitarias de la Nación (OSN) , se consideró que el diámetro mínimo de la cañería para el desagüe pluvial será de 100mm. Este se vincula a la cuneta perimetral ubicada sobre la calle Franklin, donde se colocara 4 puntos de salidas del mismo hacia el cordón cuneta de la calle Franklin.

De acuerdo al reglamento de OSN, propone una tabla que indica según los distintos diámetros de caños y pendientes, las superficies a desaguar:

Tabla n° 35. Superficie capaz de desaguar

Pendiente en metros		Gastos en litros/seg		Superficie total que puede desaguar el caño en m ²	
				Para el caso de desagües pluviales unicamente	
Total	Por metros lineal	0,100 m	0,150 m	0,100 m	0,150 m
1:100	0,01000	7,093	20,576	425,58	1234,56

(fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias domiciliarias e industriales de Obras Sanitarias de la Nación)

Como la sub- área 1 tiene una superficie de $1.424,97m^2$ y pendiente $0,003m/m$, se consideró 4 puntos de salidas de caños PVC de 100mm (es el mínimo que acepta el Municipio) de diámetro lo que implicaría una superficie a desaguar de $356,24m^2$ para cada caño de salida.

Para los otros puntos de salida de la cuneta perimetral se colocaran caños de PCV de 150mm de diámetros que derivaran el agua hacia el sistema colector exterior que se encuentra ubicado sobre Av. Las Heras.



Capítulo 7

Cálculo estructural del edificio de estacionamiento

En este capítulo se describirán, se analizarán y calcularán los elementos estructurales pertenecientes al edificio de estacionamientos, como las sub-bases, bases y paquete estructural del edificio de estacionamiento.

7.1 Análisis de carga

Para comenzar el análisis estructural partimos por determinar las cargas que deberá soportar la estructura, para ello utilizamos como referencia el reglamento **CIRSOC 101**, en el cual se establecen las cargas permanentes y sobrecargas mínimas para el diseño estructural.

Del **CIRSOC 101 Tabla 3.1** obtenemos los valores de cargas permanentes estándar de los materiales y conjuntos funcionales de construcción. Considerándose los siguientes elementos utilizados en la construcción del edificio de estacionamiento, esto se observa en la siguiente tabla:

Tabla n° 36. Cargas permanentes

Material	Peso unitario
Cielorraso de plaquetas de yeso, montadas sobre estructura de aluminio	0,20 Kn/m ²
Hormigón armado	25 Kn/m ³
Contrapiso de hormigón de cemento Portland, arena y cascote	18 Kn/m ³
Mampostería de ladrillo hueco cerámico no portante, % de huecos mayor que 60 (incluido revoque)	10,5 Kn/m ³

(fuente: elaboración propia)

Del **CIRSOC 101 Tabla 4.1** conseguimos los valores de sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas y sobrecargas mínimas concentradas esperables durante la vida útil de la edificación según el destino del mismo.

Tabla n° 37. Sobrecargas

Destino	Sobrecarga distribuida	Sobrecarga concentrada
Azoteas y terrazas donde pueden congregarse personas	5 Kn/m ²	
Losa de sala de máquinas para ascensores	40 Kn/m ²	
Cocheras para automóviles	2,5 Kn/m ²	9 Kn

(fuente: elaboración propia)



Cabe aclarar que las sobrecargas de la sala de máquinas y cocheras de automóviles no se encuentra en la tabla 4.1 sino que se halla en el capítulo 4.7.1.A y 4.10.1 respectivamente.

7.1.1 Cargas de lluvia

Del CIRSOC 101 Anexo I.3: obtenemos la expresión para calcular la carga de lluvia de diseño, siendo la siguiente:

$$R = 0,0098 * (d_s + d_h)$$

Donde:

- d_s : es la altura del agua sobre la cubierta no deformada por flexión hasta la entrada del sistema de desagüe secundario, cuando el sistema de desagüe primario está bloqueado, (altura estática).
- d_h : es la altura de agua adicional sobre la cubierta no deformada por flexión por encima de la entrada del sistema de desagüe secundario, calculada con el flujo de diseño (sobre elevación hidráulica).

Considerando que el sistema secundario de desagüe se encontrará unos 5cm del sistema principal de desagüe de la cubierta. A su vez utilizando la intensidad de tormenta dada en el trabajo de posgrado “Análisis del sistema de desagües pluviales del campus Resistencia de la UNNE” igual a 150,86 mm/h para un tiempo de recurrencia de 10 años procedemos a determinar la carga de lluvia R.

De los comentarios del reglamento CIRSOC 101 C.I.3 obtenemos la ecuación para determinar el caudal que desagota el sistema de desagüe

$$Q = 0,278 * 10^{-6} * A * I$$

Donde:

- A: es el área de la superficie de cubierta servida por ese sistema de desagüe.
- I: es la intensidad de precipitación de la tormenta de diseño

De esta manera considerando que habrá cuatro cañerías para desagotar la cubierta en proporciones iguales, el área de la cubierta es igual a 1.277,20 m².

$$Q = 0,278 * 10^{-6} * 319,3 \text{ m}^2 * 150,86 \frac{\text{mm}}{\text{h}} = 0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Usando la tabla C.I.3 de los comentarios del CIRSOC 101 considerando que para el sistema de desagüe se utilizará un tubo de 102 mm de diámetro la sobre elevación hidráulica d_h será de 25 mm.

Con estos datos determinamos que la carga de lluvia será igual a:

$$R = 0,0098 * (50\text{mm} + 25\text{mm}) = 0,73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



7.1.2 Cargas de viento

Para tener en cuenta las acciones de viento sobre la estructura se utilizará la metodología dada por la normativa **CIRSOC 102**.

Como primera medida se determina la velocidad básica del viento V , denominándose así a la velocidad de ráfaga para un intervalo de 3 segundos, a 10 m sobre el terreno, en terrenos abiertos con obstrucciones dispersas, con alturas generalmente menores a 10 m, asociadas a un tiempo de recurrencia de 50 años de ser igualada o superada.

Determinamos la velocidad básica del viento V a través del **CIRSOC 102 Figura 1B**, teniendo para la ciudad de Resistencia un valor igual a 44 m/s.

Del **CIRSOC 102 Tabla 6** obtenemos el factor de direccionalidad de viento K_d , siendo dicho factor igual a 0,85 para los sistemas principales resistente a la fuerza de viento.

Una vez definido dichos parámetros procedemos a determinar el factor de importancia I , el cual tiene en cuenta el grado de riesgo para la vida humana y daños a la propiedad en función a la categoría de la edificación. Del **CIRSOC 102 tabla A-1**: determinamos que el edificio de estacionamiento se encuentra en la categoría II, de esta manera el factor de importancia tiene un valor igual a 1 obtenido a partir del **CIRSOC 102 Tabla 1**.

Del **CIRSOC 102 Tabla 5** conseguimos el valor del coeficiente de exposición para la presión dinámica K_h , el cual varía en función de la altura del terreno. Dicha variación se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla n° 38. Coeficiente de exposición

Altura sobre el nivel del terreno (m)	Exposición B – Caso 2
0 – 5m	0,59
6m	0,62
7,5m	0,66
10m	0,72
12,5m	0,77

(fuente: elaboración propia)

Donde la denominación de exposición B hace referencia al grado de exposición de la estructura con respecto al viento, definiéndose en el **CIRSOC 102 Cap. 5.6.1** como aquellas áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, o terrenos con numerosas obstrucciones próximas entre sí, del tamaño de viviendas unifamiliares o mayores.

Del **CIRSOC 102 Cap. 5.10** obtenemos la expresión para calcular la presión dinámica, la cual es la siguiente:

$$q_z = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * V^2 * I$$



Donde el coeficiente K_{zt} es el coeficiente de relieve topográfico, pero como en nuestro caso se trata de un terreno llano, donde no hay formaciones altimétricas que influyan en la velocidad del viento por esta razón dicho coeficiente toma un valor igual a 1.

Los valores de la presión dinámica q_z para los diferentes valores de altura z se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla n° 39. Presión dinámica q_z

Z (m)	Kz	Kzt	Kd	V (m/s)	I	qz (N/m ²)
0 – 5	0,59	1	0,85	44	1	970,90
6	0,62	1	0,85	44	1	1.020,27
7,5	0,66	1	0,85	44	1	1.086,10
10	0,72	1	0,85	44	1	1.184,83
12,5	0,77	1	0,85	44	1	1.267,11

(fuente: elaboración propia)

Para la determinación de la carga de viento de diseño para la estructura resistente es necesario saber si el edificio es rígido o flexible, la normativa del CIRSOC 102 define que un edificio se puede considerar rígido si tienen una frecuencia natural mayor o igual a 1 Hz, de lo contrario se considera como flexible. Pero para poder definir la estructura según esta clasificación se debe contar con ensayos de un modelo en escala en un túnel de viento, por ello se opta por definir la rigidez de la estructura en base a modelos empíricos los cuales establecen que si la relación entre la altura del edificio y la menor dimensión en planta es menor a 4 el edificio se considera rígido.

$$\frac{h}{l} = \frac{8,40 \text{ m}}{31 \text{ m}} = 0,27 < 4 \rightarrow \text{edificio rígido}$$

Del **CIRSOC 102 Cap. 5.12.2.2** obtenemos la expresión para determinar la presión de diseño para edificios cerrados y parcialmente cerrados de baja altura, la cual es la siguiente:

$$p = q_h * [(GC_{pf}) - (GC_{pi})]$$

Donde la expresión q_h es la presión dinámica evaluada a la altura media de cubierta h siendo en este caso dicha altura igual a 8,40 m dando una presión dinámica igual a 1.184,83 N/m². A demás los coeficientes GC_{pf} y GC_{pi} son los coeficientes de presión externa e interna respectivamente.

Del CIRSOC 102 Cap. 5.8 conseguimos el factor de ráfaga el cual para estructuras rígidas es igual a 0,85.

Del CIRSOC 102 Figura 3 conseguimos los coeficientes de presión externa para el sistema principal resistente a la fuerza de viento para edificios de baja altura. Para ello tenemos que tener en cuenta la direccionalidad del viento, esto lo hacemos mediante las siguientes relaciones:

- Cuando el viento es normal a la mayor dirección del edificio:



$$\frac{L}{B} = \frac{31 \text{ m}}{41 \text{ m}} = 0,76$$

$$\frac{H}{L} = \frac{8,40 \text{ m}}{31 \text{ m}} = 0,27$$

- Cuando el viento es normal a la menor dirección del edificio

$$\frac{L}{B} = \frac{41 \text{ m}}{31 \text{ m}} = 1,32$$

$$\frac{H}{L} = \frac{8,40 \text{ m}}{41 \text{ m}} = 0,20$$

De esta manera obtenemos los siguientes recuadros para las diferentes direcciones del viento:

Tabla n° 40. Coeficientes de presión externa

Superficie	L/B	C _p
Pared a barlovento	0,76	0,8
Pared a sotavento	0,76	-0,5
Paredes laterales	0,76	-0,7

Superficie	L/B	C _p
Pared a barlovento	1,32	0,8
Pared a sotavento	1,32	-0,44
Paredes laterales	1,32	-0,7

Dirección del viento	H/L	Distancia horizontal desde el borde a barlovento	C _p
Normal a la cumbrera para $\theta < 10^\circ$ y paralela a la cumbrera para todo θ	< 0,5	0 a h/2	-0,9
		h/2 a h	-0,9
		h a 2h	-0,5
		> 2h	-0,3

Del CIRSOC 102 Tabla 7 obtenemos los valores de coeficientes de presión interna para edificios, siendo en nuestro caso un edificio abierto dicho coeficiente toma un valor nulo.



Con estos datos procedemos a calcular las presiones de diseño debido al viento, los cuales se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla n° 41. Presiones de diseño

Superficie	L/B	Qh (N/m ²)	GCp	Gcpi	P (N/m ²)
Pared a barlovento	0,76	1184,83	0,68	0	805,68
Pared a sotavento	0,76	1184,83	-0,425	0	-503,55
Paredes laterales	0,76	1184,83	-0,595	0	-704,97

Superficie	L/B	qh	GCp	Gcpi	P
Pared a barlovento	1,32	1184,83	0,68	0	805,68
Pared a sotavento	1,32	1184,83	-0,374	0	-443,13
Paredes laterales	1,32	1184,83	-0,595	0	-704,97

Dirección del viento	Distancia horizontal desde el borde a barlovento	qh	GCp	Gcpi	P
Normal a la cumbrera para $\theta < 10^\circ$ y paralela a la cumbrera para todo θ	0 a h/2	1184,83	-0,765	0	-906,39
	h/2 a h	1184,83	-0,765	0	-906,39
	h a 2h	1184,83	-0,425	0	-503,55
	> 2h	1184,83	-0,255	0	-302,13

(fuente: elaboración propia)



7.1.3 Cargas sobre losa tipo

De la tabla n°36 obtenida a partir del CIRSOC 101 Tabla 3 procedemos a realizar el estudio de las cargas muertas sobre las diferentes losas, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla n° 42. Cargas sobre losa tipo

Elemento	Material	Peso unitario	Espesor	Carga sobre losa
Peso propio	Hormigón armado	25 Kn/m ³	0,15 m	3,75 Kn/m ²
Contrapiso	hormigón de cemento Portland, arena y cascote	18 Kn/m ³	0,05 m	0,9 Kn/m ²
Cielorraso suspendido	plaquetas de yeso, montadas sobre estructura de aluminio	0,20 Kn/m ²		0,20 Kn/m ²

(fuente: elaboración propia)

Obteniendo de esta manera una carga muerta D de **4,85 Kn/m²**. El CIRSOC 201 Cap. 9.2.1 nos otorga las combinaciones mínimas que se deben analizar al momento de dimensionar una estructura de hormigón armado, siendo las siguientes:

$$U = 1,4 * D$$

$$U = 1,2 * D + 1,6 * L + 0,5 * R$$

$$U = 1,2 * D + 0,8 * W$$

$$U = 1,2 * D + 1,6 * W + f_1 * L$$

Donde:

- U: es la resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas o las solicitaciones correspondientes.
- D: Son las cargas muertas o de larga duración.
- L: son las sobrecargas de uso
- R: son las cargas de lluvias
- W: son las sobrecargas de viento
- f₁: coeficiente igual a 1 para lugares de concentración de público donde la sobrecarga sea mayor a 5 KN/m² y para playas de estacionamiento y garaje.

$$U = 1,4 * 4,85 \frac{KN}{m^2} = 6,79 \frac{KN}{m^2}$$



$$U = 1,2 * 4,85 \frac{KN}{m^2} + 1,6 * 2,5 \frac{KN}{m^2} + 0,5 * 0 \frac{KN}{m^2} = 9,82 \frac{KN}{m^2}$$

$$U = 1,2 * 4,85 \frac{KN}{m^2} + 0,8 * 0 \frac{KN}{m^2} = 5,80 \frac{KN}{m^2}$$

$$U = 1,2 * 4,85 \frac{KN}{m^2} + 1,6 * 0 \frac{KN}{m^2} + 1 * 2,5 \frac{KN}{m^2} = 8,32 \frac{KN}{m^2}$$

Los valores de carga de viento y de lluvia no se consideraron en esta etapa ya que dichas cargas se encuentran aplicadas en la azotea y no en la losa tipo.

7.1.4 Cargas sobre losa de azotea

De la tabla n°36 obtenido a partir del CIRSOC 101 Tabla 3 procedemos a realizar el estudio de las cargas muertas sobre las diferentes losas, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla n° 43.Cargas sobre losa de azotea

Elemento	Material	Peso unitario	Espesor	Carga sobre losa
Peso propio	Hormigón armado	25 Kn/m ³	0,15 m	3,75 Kn/m ²
Contrapiso	hormigón de cemento Portland, arena y cascote	18 Kn/m ³	0,05 m	0,9 Kn/m ²
Cielorraso suspendido	plaquetas de yeso, montadas sobre estructura de aluminio	0,20 Kn/m ²		0,20 Kn/m ²
Cubierta verde	Abono	12 Kn/m ³	0,08 m	0,96 Kn/m ²

(fuente: elaboración propia)

Obteniendo de esta manera una carga muerta D de **5,81 KN/m²**. Donde las combinaciones a considerar son las siguientes:

$$U = 1,4 * D$$

$$U = 1,2 * D + 1,6 * L + 0,5 * R$$

$$U = 1,2 * D + 0,8 * W$$

$$U = 1,2 * D + 1,6 * W + f_1 * L$$

Reemplazando en las ecuaciones de combinaciones de carga por sus valores numéricos obtenemos la situación más desfavorable. Cabe hacer la aclaración de que para la carga de viento se consideró la más pequeña, ya que el efecto del mismo sobre la azotea es una succión que reduce las cargas.



$$U = 1,4 * 5,81 \frac{KN}{m^2} = 8,13 \frac{KN}{m^2}$$

$$U = 1,2 * 5,81 \frac{KN}{m^2} + 1,6 * 5 \frac{KN}{m^2} + 0,5 * 0,73 \frac{KN}{m^2} = 15,34 \frac{KN}{m^2}$$

$$U = 1,2 * 5,81 \frac{KN}{m^2} + 0,8 * -0,30 \frac{KN}{m^2} = 6,73 \frac{KN}{m^2}$$

$$U = 1,2 * 5,81 \frac{KN}{m^2} + 1,6 * -0,30 \frac{KN}{m^2} + 1 * 5 \frac{KN}{m^2} = 11,49 \frac{KN}{m^2}$$

7.4.1 Cálculo de losas

Considerando la planta de estructura la cual se puede observar en el **plano n° 11**, se puede apreciar las numeraciones y disposiciones de las diferentes losas que conforman las diferentes plantas, las cuales se establecieron de forma equivalente en cada piso.

El sistema estructural adoptado para las losas es de losas continuas, para aprovechar la distribución de tensiones, y obtener de esta manera menores deformaciones en el tramo con su consecuente menor consumo de materiales.

A partir de esto procedemos a realizar un pre-dimensionado del espesor a adoptar en primera medida, el cual consecuentemente se verificará. Para esto consideramos lo establecido como primera aproximación en el **CIRSOC 201 Cap. 9.5.3.3**:

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i}{n_i} = \frac{E_{cb} * I_b}{E_{cs} * I_s}$$

Definiendo al parámetro α_m como el promedio de los α_i ; siendo estos la relaciones de rigideces entre la losa y las vigas en las que se apoya.

Considerando que las vigas perimetrales de las losas son de gran rigidez a comparación de la losa, establecemos que el parámetro α será:

$$\alpha_m > 2$$

Definiendo de esta manera el espesor de la losa:

$$h \geq \frac{l_n * \left(0,80 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9 * \beta}$$

Donde:

- l_n es la longitud de la luz libre en el sentido del lado mayor medida entre las caras de las vigas.
- β es la relación entre las luces libres mayor y menor.
- f_y es la tensión de fluencia del acero a utilizar en la construcción.



Considerando la losa en las peores condiciones y adoptado para las demás el mismo espesor para evitar dificultades y errores en la construcción. Tenemos que dicha losa es la número 4, con las siguientes medidas:

$$l_1 = 5,75 \text{ m}$$

$$l_2 = 6,70 \text{ m}$$

Donde:

$$\beta = \frac{l_2}{l_1} = \frac{6,70 \text{ m}}{5,75 \text{ m}} = 1,16$$

Considerando que los anchos de las vigas laterales serán de 30cm de ancho tenemos una luz libre igual a:

$$l_n = l_2 - b_v = 6,70 \text{ m} - 0,30 \text{ m} = 6,40 \text{ m}$$

$$h \geq \frac{6,40 \text{ m} * \left(0,80 + \frac{420 \text{ Mpa}}{1400}\right)}{36 + 9 * 1,16} = 0,15 \text{ m} \rightarrow \text{adoptando } h = 0,15 \text{ m}$$

verificando ahora que el valor del parámetro α_m es el que consideramos al principio, para ello estipulamos que las alturas de las vigas serán como mínimo de unos 60 cm, además la calidad del hormigón de las losas y las vigas serán idénticos podemos llegar a la simplificación:

$$\alpha_m = \frac{I_b}{I_s}$$

Donde:

$$I_{s1} = \frac{b_{L1} * h_L^3}{12} = \frac{6,70 \text{ m} * (0,15 \text{ m})^3}{12} = 0,00188 \text{ m}^4$$

$$I_{s2} = \frac{b_{L2} * h_L^3}{12} = \frac{5,75 \text{ m} * (0,15 \text{ m})^3}{12} = 0,0016 \text{ m}^4$$

$$I_b = \frac{b_v * h_v^3}{12} = \frac{0,30 \text{ m} * (0,60 \text{ m})^3}{12} = 0,0054 \text{ m}^4$$

$$\alpha_{m1} = \frac{I_b}{I_{s1}} = \frac{0,0054 \text{ m}^4}{0,00188 \text{ m}^4} = 2,87 > 2 \rightarrow \text{Verifica}$$

$$\alpha_{m1} = \frac{I_b}{I_{s1}} = \frac{0,0054 \text{ m}^4}{0,0016 \text{ m}^4} = 3,37 > 2 \rightarrow \text{Verifica}$$

De esta manera demostramos que la relación entre las rigideces de las vigas perimetrales y las losas en ambas direcciones cumplen las hipótesis de cálculo impuestas al comienzo del análisis, haciendo que el espesor adoptado para las losas sea el adecuado.



7.2.1 Cálculo estático de losas de planta tipo

Para el cálculo de las losas continuas se utilizará el método de Marcus, el cual considera a la losa formada por dos grupos de fajas, una en la dirección de X y la restante en la dirección de Y. Donde el método presenta las siguientes hipótesis de cálculo:

- Cada faja se toma con sus correspondientes condiciones de apoyo.
- Las deformaciones de ambas fajas coinciden en el punto central.
- Cada haz de faja se considera con una parte de la carga total q:

$$q = q_x + q_y$$

Del sistema estructural planteado se puede observar que las siguientes losas comparten igualdad en cuanto a condiciones de borde como de dimensiones:

- L2=L3
- L6=L11=L16=L21=L26=L30
- L7=L8=L12=L13=L17=18=L22=L27=L31
- L9=L14=L19
- L10=L15=L20
- L24=L25=28

Para el cálculo de las reacciones en cada losa se realizó la redistribución de cargas, aplicando la distribución de área de influencia en cada sector de la losa, quedando formada por cuatro sub-áreas ($A_{x1}, A_{x2}, A_{y1}, A_{y2}$) para las losas armadas en dos direcciones y por dos sub-áreas (A_{y1}, A_{y2}) para las losas armadas en una dirección, esto puede verse en los **plano n°9** y **plano n°10**.

Losa n°1

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,55 \text{ m}}{5,75 \text{ m}} = 0,96 \rightarrow 0,95$$

$$A_{x1} = 5,64 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 9,76 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 6,04 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 10,52 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 38,17$$

$$m_y = 43,10$$

$$m_{xe} = -13,81$$



$$m_{ye} = -14,37$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,55 m)^2}{38,17} = 7,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,55 m)^2}{43,10} = 7,02 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,55 m)^2}{-13,81} = -21,90 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,55 m)^2}{-14,37} = -21,05 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 5,64 m^2}{5,55 m} = 9,98 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 9,76 m^2}{5,55 m} = 17,27 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,04 m^2}{5,75 m} = 10,31 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,52 m^2}{5,75 m} = 17,97 \frac{KN}{m}$$

Losa n°2

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,75 m}{6,65 m} = 0,86 \rightarrow 0,85$$

$$A_{x1} = 6,38 m^2$$

$$A_{x2} = 11,05 m^2$$

$$A_{y1} = 10,40 m^2$$

$$A_{y2} = 10,40 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,67$$

$$m_y = 39,37$$



$$m_{xe} = -14,66$$

$$m_{ye} = -14,08$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{43,67} = 7,43 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{39,37} = 8,25 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{-14,66} = -22,15 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{-14,08} = -23,06 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,38 m^2}{6,65 m} = 9,42 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 11,05 m^2}{6,65 m} = 16,32 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,40 m^2}{5,75 m} = 17,76 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,40 m^2}{5,75 m} = 17,76 \frac{KN}{m}$$

Losa n°4

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,75 m}{6,7 m} = 0,86 \rightarrow 0,85$$

$$A_{x1} = 6,48 m^2$$

$$A_{x2} = 11,22 m^2$$

$$A_{y1} = 10,41 m^2$$

$$A_{y2} = 10,41 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,67$$



$$m_y = 39,37$$

$$m_{xe} = -14,66$$

$$m_{ye} = -14,08$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{43,67} = 7,43 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{39,37} = 8,25 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{-14,66} = -22,15 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,75 m)^2}{-14,08} = -23,06 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,48 m^2}{6,70 m} = 9,50 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 11,22 m^2}{6,70 m} = 16,44 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,41 m^2}{5,75 m} = 17,78 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,41 m^2}{5,75 m} = 17,78 \frac{KN}{m}$$

Losa n°5

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,05 m}{5,75 m} = 0,88 \rightarrow 0,90$$

$$A_{x1} = 4,68 m^2$$

$$A_{x2} = 8,12 m^2$$

$$A_{y1} = 10,33 m^2$$

$$A_{y2} = 5,96 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:



$$m_x = 34,36$$

$$m_y = 44,25$$

$$m_{xe} = -12,94$$

$$m_{ye} = -14,01$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{34,36} = 7,29 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{44,25} = 5,66 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{-12,94} = -19,35 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{-14,01} = -17,88 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 4,68 m^2}{5,05 m} = 9,10 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 8,12 m^2}{5,05 m} = 15,79 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,33 m^2}{5,75 m} = 17,64 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 5,96 m^2}{5,75 m} = 10,18 \frac{KN}{m}$$

Losa n°6

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 m}{5,55 m} = 0,94 \rightarrow 0,95$$

$$A_{x1} = 9,10 m^2$$

$$A_{x2} = 9,10 m^2$$

$$A_{y1} = 3,90 m^2$$

$$A_{y2} = 6,76 m^2$$



De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,48$$

$$m_y = 51,81$$

$$m_{xe} = -15,97$$

$$m_{ye} = -16,69$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{43,48} = 6,11 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{51,81} = 5,13 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{-15,97} = -16,63 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{-16,69} = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 9,10 m^2}{5,55 m} = 16,10 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 9,10 m^2}{5,55 m} = 16,10 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 3,90 m^2}{5,20 m} = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,76 m^2}{5,20 m} = 12,77 \frac{KN}{m}$$

Losa n°7

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 m}{6,65 m} = 0,76 \rightarrow 0,75$$

$$A_{x1} = 10,53 m^2$$

$$A_{x2} = 10,53 m^2$$

$$A_{y1} = 6,76 m^2$$



$$A_{y2} = 6,76 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 77,52$$

$$m_y = 33,67$$

$$m_{xe} = -17,73$$

$$m_{ye} = -14,33$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{77,52} = 3,43 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{33,67} = 7,89 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-17,73} = -14,98 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-14,33} = -18,53 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,53 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 15,55 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,53 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 15,55 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 12,77 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 12,77 \frac{KN}{m}$$

Losa n°9

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 \text{ m}}{6,70 \text{ m}} = 0,78 \rightarrow 0,80$$

$$A_{x1} = 10,65 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 10,65 \text{ m}^2$$



$$A_{y1} = 6,76 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 6,76 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 69,93$$

$$m_y = 36,90$$

$$m_{xe} = -17,92$$

$$m_{ye} = -15,13$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{69,93} = 3,80 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{36,90} = 7,20 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-17,92} = -14,82 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-15,13} = -17,55 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,65 \text{ m}^2}{6,70 \text{ m}} = 15,61 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 10,65 \text{ m}^2}{6,70 \text{ m}} = 15,61 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 12,77 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 12,77 \frac{KN}{m}$$

Losa n°10

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,05 \text{ m}}{5,20 \text{ m}} = 0,97 \rightarrow 1$$

$$A_{x1} = 7,82 \text{ m}^2$$



$$A_{x2} = 7,82 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 6,76 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 3,90 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,86$$

$$m_y = 59,88$$

$$m_{xe} = -16,78$$

$$m_{ye} = -18,15$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{43,86} = 5,71 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{59,88} = 4,18 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{-16,78} = -14,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{-18,15} = -13,80 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 7,82 \text{ m}^2}{5,05 \text{ m}} = 15,21 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 7,82 \text{ m}^2}{5,05 \text{ m}} = 15,21 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 12,77 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 3,90 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 7,37 \frac{KN}{m}$$

Losa n°23

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 \text{ m}}{6,65 \text{ m}} = 0,78 \rightarrow 0,80$$



$$A_{x1} = 13,35 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 7,71 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 8,57 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 4,95 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 49,26$$

$$m_y = 28,17$$

$$m_{xe} = -13,40$$

$$m_{ye} = -11,34$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{49,26} = 5,39 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{28,17} = 9,43 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-13,40} = -19,82 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-11,34} = -23,42 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 13,35 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 19,71 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 7,71 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 11,38 \frac{KN}{m}$$

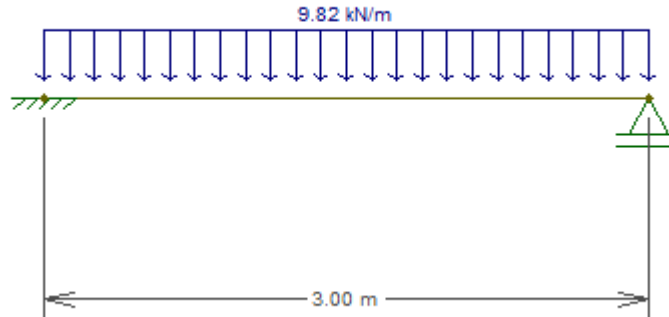
$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 8,57 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 16,18 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 4,95 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 9,35 \frac{KN}{m}$$

Losa n°24



Las losas L24, L25 y L28 las consideramos como losas unidireccionales debido a que poseen una dimensión mucho mayor que la restante haciendo que la transmisión de esfuerzos se realice prácticamente en el sentido menor. A su vez se la considera con una sustentación como la que se muestra en la figura siguiente:



A través del programa de cálculo estructural Ftool se obtuvieron las siguientes solicitaciones

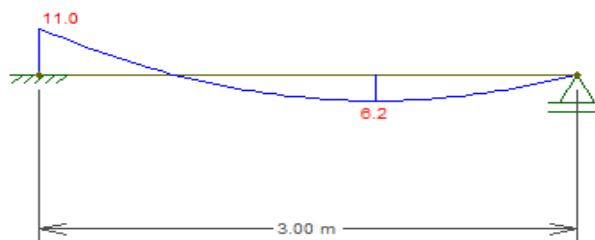
$$M_{ye} = -11 \frac{KNm}{m}$$

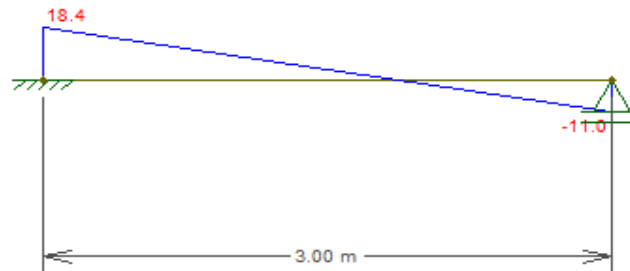
$$M_y = 6,2 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{y1} = 18,4 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = 11 \frac{KN}{m}$$

Donde en las figuras que se ven a continuación , se pueden apreciar los diagramas de momento flector y corte respectivamente.





Losa n°29

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,42 \text{ m}}{3,72 \text{ m}} = 0,92 \rightarrow 0,90$$

$$A_{x1} = 2,80 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 2,80 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 1,85 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 1,85 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 21,93$$

$$m_y = 27,86$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,42 \text{ m})^2}{21,93} = 5,24 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,42 \text{ m})^2}{27,86} = 4,12 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 2,80 \text{ m}^2}{3,42 \text{ m}} = 8,04 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 2,80 \text{ m}^2}{3,42 \text{ m}} = 8,04 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 1,85 \text{ m}^2}{3,72 \text{ m}} = 4,88 \frac{KN}{m}$$



$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 1,85 m^2}{3,72 m} = 4,88 \frac{KN}{m}$$

Losa n°32

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,85 m}{5,55 m} = 0,69 \rightarrow 0,70$$

$$A_{x1} = 8,85 m^2$$

$$A_{x2} = 5,10 m^2$$

$$A_{y1} = 2,71 m^2$$

$$A_{y2} = 4,70 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 58,48$$

$$m_y = 23,47$$

$$m_{xe} = -13,02$$

$$m_{ye} = -10,04$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{58,48} = 2,49 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{23,47} = 6,20 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-13,02} = -11,18 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-10,04} = -14,50 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 8,85 m^2}{5,55 m} = 15,66 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 5,10 m^2}{5,55 m} = 9,02 \frac{KN}{m}$$



$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 2,71 m^2}{3,85 m} = 6,91 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 11,99 \frac{KN}{m}$$

Losa n°33

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,85 m}{6,65 m} = 0,58 \rightarrow 0,60$$

$$A_{x1} = 11,51 m^2$$

$$A_{x2} = 6,64 m^2$$

$$A_{y1} = 4,70 m^2$$

$$A_{y2} = 2,71 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 76,92$$

$$m_y = 20,16$$

$$m_{xe} = -12,89$$

$$m_{ye} = -9,15$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{76,92} = 1,89 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{20,16} = 7,22 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-12,89} = -11,29 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-9,15} = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 11,51 m^2}{6,65 m} = 17,00 \frac{KN}{m}$$



$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 6,64 m^2}{6,65 m} = 9,81 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 11,99 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{9,82 \frac{KN}{m^2} * 2,71 m^2}{3,85 m} = 6,91 \frac{KN}{m}$$

Con todas las solicitaciones calculadas procedemos a realizar las comprobaciones de similitud de momento en las losas para corroborar que la sustentación adoptada verifique, y de ser así si es necesario compatibilizar los momentos en apoyo adecuando en ese caso los momentos en el tramo.

El CIRSOC 201 establece que, si los momentos de empotramiento perfecto de losas son similares, con diferencias hasta el 20% significa que las rigideces de ambas losas sobre el borde común también son similares, es decir, que la condición de borde adoptada es correcta. El desequilibrio será absorbido aproximadamente la mitad por cada losa.

7.4.2 Redistribución de momentos de la losa de planta tipo – dirección x-x

Losa n°1 y n°2

$$M_{Uxe}(L1) = -21,90 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L2) = -22,15 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -22,15 \frac{KNm}{m} + 21,9 \frac{KNm}{m} = -0,25 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 1,13\% < 20\% \rightarrow Verifica$$

$$M_{Ux}(L1) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 7,92 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,25 \frac{KNm}{m} = 7,80 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L2) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 7,43 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,25 \frac{KNm}{m} = 7,68 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -21,90 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,25 \frac{KNm}{m} = -22,03 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°4 y n°5

$$M_{Uxe}(L4) = -22,15 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{Uxe}(L5) = -19,35 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -22,15 \frac{KNm}{m} + 19,35 \frac{KNm}{m} = -2,68 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 12,64\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L4) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 7,43 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,68 \frac{KNm}{m} = 8,83 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L5) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 7,29 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 2,68 \frac{KNm}{m} = 5,89 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -22,15 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,68 \frac{KNm}{m} = -20,75 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°6 y n°7

$$M_{Uxe}(L6) = -16,63 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L7) = -14,98 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -16,63 \frac{KNm}{m} + 14,98 \frac{KNm}{m} = -1,65 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 9,92\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L6) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 6,11 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 1,65 \frac{KNm}{m} = 5,29 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L7) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 3,43 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 1,65 \frac{KNm}{m} = 4,26 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -16,63 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 1,65 \frac{KNm}{m} = -15,81 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°9 y n°10

$$M_{Uxe}(L9) = -14,82 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L10) = -14,92 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -14,92 \frac{KNm}{m} + 14,82 \frac{KNm}{m} = -0,10 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 0,67\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L9) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 3,80 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,10 \frac{KNm}{m} = 3,75 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{Ux}(L10) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 5,71 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,10 \frac{KNm}{m} = 5,76 \frac{KNm}{m}$$
$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -14,82 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,10 \frac{KNm}{m} = -14,87 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°27 y n°28

$$M_{Uxe}(L27) = -14,98 \frac{KNm}{m}$$
$$M_{Uxe}(L28) = -11 \frac{KNm}{m}$$
$$\Delta M_{Uxe} = -14,98 \frac{KNm}{m} + 11 \frac{KNm}{m} = -3,98 \frac{KNm}{m}$$
$$\Delta M_{U\%} = 26,57\% > 20\% \rightarrow \text{No Verifica}$$

Es decir que no se puede considerar la losa L27 con su borde totalmente empotrado contiguo a la losa L28, ya que las dimensiones de dicha losa no lo permiten. Por ello consideramos que la losa 27 tiene su borde parcialmente empotrado con un valor máximo igual al de la losa 28

$$M_{Uxe}(L27) = -11 \frac{KNm}{m}$$
$$M_{Ux}(L27) = M_{Ux} + \Delta M_{Uxe} = 3,43 \frac{KNm}{m} + 3,98 \frac{KNm}{m} = 7,41 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°22 y n°23

$$M_{Uxe}(L22) = -14,98 \frac{KNm}{m}$$
$$M_{Uxe}(L23) = -19,82 \frac{KNm}{m}$$
$$\Delta M_{Uxe} = -19,82 \frac{KNm}{m} + 14,98 \frac{KNm}{m} = -4,84 \frac{KNm}{m}$$
$$\Delta M_{U\%} = 24,42\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uxe}(L23) = -14,98 \frac{KNm}{m}$$
$$M_{Ux}(L23) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 5,39 \frac{KNm}{m} + 4,84 \frac{KNm}{m} = 10,23 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°32 y n°33

$$M_{Uxe}(L32) = -11,18 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{Uxe}(L33) = -11,29 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -11,29 \frac{KNm}{m} + 11,18 \frac{KNm}{m} = -0,11 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 0,97\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L32) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 2,49 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,11 \frac{KNm}{m} = 2,44 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L33) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 1,89 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,11 \frac{KNm}{m} = 1,95 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -11,18 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,11 \frac{KNm}{m} = -11,24 \frac{KNm}{m}$$

7.2.1.2 Redistribución de momentos de la losa planta tipo – dirección y-y

Losa n°1 y n°6

$$M_{Uye}(L1) = -21,05 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L6) = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -21,05 \frac{KNm}{m} + 15,91 \frac{KNm}{m} = -5,14 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 24,42\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uye}(L1) = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L1) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 7,02 \frac{KNm}{m} + 5,14 \frac{KNm}{m} = 12,16 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°30 y n°32

$$M_{Uye}(L30) = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L32) = -14,50 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -15,91 \frac{KNm}{m} + 14,50 \frac{KNm}{m} = -1,41 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 8,86\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$



$$M_{Uy}(L30) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 5,13 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 1,41 \frac{KNm}{m} = 5,84 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L32) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 6,20 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 1,41 \frac{KNm}{m} = 5,50 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -14,50 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 1,41 \frac{KNm}{m} = -15,21 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°2 y n°7

$$M_{Uye}(L2) = -23,06 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L7) = -18,53 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -23,06 \frac{KNm}{m} + 18,53 \frac{KNm}{m} = -4,53 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 19,64\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy}(L2) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 8,25 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 4,53 \frac{KNm}{m} = 10,52 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L7) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 7,89 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 4,53 \frac{KNm}{m} = 5,63 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -23,06 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 4,53 \frac{KNm}{m} = -20,80 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°31 y n°33

$$M_{Uye}(L31) = -18,53 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L33) = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -18,53 \frac{KNm}{m} + 15,91 \frac{KNm}{m} = -2,62 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 14,14 < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy}(L31) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 7,89 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,62 \frac{KNm}{m} = 9,56 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L33) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 7,22 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 2,62 \frac{KNm}{m} = 6,58 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -18,53 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,62 \frac{KNm}{m} = -17,22 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°4 y n°9



$$M_{Uye}(L4) = -23,06 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L9) = -17,55 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -23,06 \frac{KNm}{m} + 17,55 \frac{KNm}{m} = -5,81 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 23,89\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uye}(L4) = -17,55 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L4) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 8,25 \frac{KNm}{m} + 5,81 \frac{KNm}{m} = 14,06 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°19 y n°24

$$M_{Uye}(L19) = -23,06 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L24) = -11 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -23,06 \frac{KNm}{m} + 11 \frac{KNm}{m} = -12,06 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 52,30\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uye}(L19) = -11 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L19) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 8,25 \frac{KNm}{m} + 12,06 \frac{KNm}{m} = 20,31 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°5 y n°10

$$M_{Uye}(L5) = -17,88 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L10) = -13,80 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -17,88 \frac{KNm}{m} + 13,80 \frac{KNm}{m} = -4,08 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 22,82\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uye}(L5) = -13,80 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L5) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 5,66 \frac{KNm}{m} + 4,08 \frac{KNm}{m} = 9,74 \frac{KNm}{m}$$



Losa n°20 y n°25

$$M_{Uye}(L20) = -13,80 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L25) = -11 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -13,80 \frac{KNm}{m} + 11 \frac{KNm}{m} = -2,80 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 20,29\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uye}(L20) = -11 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L20) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 4,18 \frac{KNm}{m} + 2,80 \frac{KNm}{m} = 6,98 \frac{KNm}{m}$$

7.2.2 Cálculo estático de losas de azotea

Para el cálculo de las losas que conforman la planta de estructura de la azotea se adoptan las mismas hipótesis de cálculo de las losas de la planta tipo, la planta de estructura de la terraza se puede apreciar en el **plano n°12**.

Se procede a realizar de esta manera las combinaciones de carga para determinar la situación más desfavorable, esto lo efectuamos a través del análisis de carga realizado anteriormente.

Del sistema estructural planteado se puede observar que las siguientes losas comparten igualdad en cuanto a condiciones de borde como de dimensiones:

- L2=L3
- L6=L11=L16=L21=L26=32
- L7=L8=L12=L13=L17=18=L22=L27=L33
- L9=L14=L19=L24=L30=L35
- L10=L15=L20=L25=L31=L36
- L38=L39

Losa n°1

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,55 \text{ m}}{5,75 \text{ m}} = 0,96 \rightarrow 0,95$$

$$A_{x1} = 5,64 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 9,76 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 6,04 \text{ m}^2$$



$$A_{y2} = 10,52 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 38,17$$

$$m_y = 43,10$$

$$m_{xe} = -13,81$$

$$m_{ye} = -14,37$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,55 \text{ m})^2}{38,17} = 12,38 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,55 \text{ m})^2}{43,10} = 10,96 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,55 \text{ m})^2}{-13,81} = -34,21 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,55 \text{ m})^2}{-14,37} = -32,88 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 5,64 \text{ m}^2}{5,55 \text{ m}} = 26,98 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 9,76 \text{ m}^2}{5,55 \text{ m}} = 26,98 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,04 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 16,11 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,52 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 28,06 \frac{KN}{m}$$

Losa n°2

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,75 \text{ m}}{6,65 \text{ m}} = 0,86 \rightarrow 0,85$$

$$A_{x1} = 6,38 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 11,05 \text{ m}^2$$



$$A_{y1} = 10,40 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 10,40 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,67$$

$$m_y = 39,37$$

$$m_{xe} = -14,66$$

$$m_{ye} = -14,08$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{43,67} = 11,61 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{39,37} = 12,88 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{-14,66} = -34,60 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{-14,08} = -36,02 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,38 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 14,72 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 11,05 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 25,49 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,40 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 27,74 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,40 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 27,74 \frac{KN}{m}$$

Losa n°4

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,75 \text{ m}}{6,7 \text{ m}} = 0,86 \rightarrow 0,85$$

$$A_{x1} = 6,48 \text{ m}^2$$



$$A_{x2} = 11,22 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 10,41 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 10,41 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,67$$

$$m_y = 39,37$$

$$m_{xe} = -14,66$$

$$m_{ye} = -14,08$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{43,67} = 11,61 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{39,37} = 12,88 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{-14,66} = -34,60 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,75 \text{ m})^2}{-14,08} = -36,02 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,48 \text{ m}^2}{6,70 \text{ m}} = 14,84 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 11,22 \text{ m}^2}{6,70 \text{ m}} = 25,69 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,41 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 27,77 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,41 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 27,77 \frac{KN}{m}$$

Losa n°5

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,05 \text{ m}}{5,75 \text{ m}} = 0,88 \rightarrow 0,90$$



$$A_{x1} = 4,68 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 8,12 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 10,33 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 5,96 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 34,36$$

$$m_y = 44,25$$

$$m_{xe} = -12,94$$

$$m_{ye} = -14,01$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{34,36} = 11,38 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{44,25} = 8,84 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{-12,94} = -30,23 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 \text{ m})^2}{-14,01} = -27,92 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,68 \text{ m}^2}{5,05 \text{ m}} = 14,22 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 8,12 \text{ m}^2}{5,05 \text{ m}} = 24,66 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,33 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 27,56 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 5,96 \text{ m}^2}{5,75 \text{ m}} = 15,90 \frac{KN}{m}$$

Losa n°6



$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 \text{ m}}{5,55 \text{ m}} = 0,94 \rightarrow 0,95$$

$$A_{x1} = 9,10 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 9,10 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 3,90 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 6,76 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,48$$

$$m_y = 51,81$$

$$m_{xe} = -15,97$$

$$m_{ye} = -16,69$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{43,48} = 9,54 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{51,81} = 8,01 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-15,97} = -25,97 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-16,69} = -24,85 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 9,10 \text{ m}^2}{5,55 \text{ m}} = 25,15 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 9,10 \text{ m}^2}{5,55 \text{ m}} = 25,15 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 3,90 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 19,94 \frac{KN}{m}$$



Losa n°7

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 \text{ m}}{6,65 \text{ m}} = 0,76 \rightarrow 0,75$$

$$A_{x1} = 10,53 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 10,53 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 6,76 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 6,76 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 77,52$$

$$m_y = 33,67$$

$$m_{xe} = -17,73$$

$$m_{ye} = -14,33$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{77,52} = 5,35 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{33,67} = 12,32 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-17,73} = -23,39 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 \text{ m})^2}{-14,33} = -28,94 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,53 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 24,29 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,53 \text{ m}^2}{6,65 \text{ m}} = 24,29 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,76 \text{ m}^2}{5,20 \text{ m}} = 19,94 \frac{KN}{m}$$



$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,76 m^2}{5,20 m} = 19,94 \frac{KN}{m}$$

Losa n°9

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{5,20 m}{6,70 m} = 0,78 \rightarrow 0,80$$

$$A_{x1} = 10,65 m^2$$

$$A_{x2} = 10,65 m^2$$

$$A_{y1} = 6,76 m^2$$

$$A_{y2} = 6,76 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 69,93$$

$$m_y = 36,90$$

$$m_{xe} = -17,92$$

$$m_{ye} = -15,13$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{69,93} = 5,93 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{36,90} = 11,24 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{-17,92} = -23,15 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,20 m)^2}{-15,13} = -27,41 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,65 m^2}{6,70 m} = 24,38 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,65 m^2}{6,70 m} = 24,38 \frac{KN}{m}$$



$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,76 m^2}{5,20 m} = 19,94 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,76 m^2}{5,20 m} = 19,94 \frac{KN}{m}$$

Losa n°10

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,05 m}{5,20 m} = 0,97 \rightarrow 1$$

$$A_{x1} = 7,82 m^2$$

$$A_{x2} = 7,82 m^2$$

$$A_{y1} = 6,76 m^2$$

$$A_{y2} = 3,90 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 43,86$$

$$m_y = 59,88$$

$$m_{xe} = -16,78$$

$$m_{ye} = -18,15$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{43,86} = 8,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{59,88} = 6,53 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{-16,78} = -23,31 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (5,05 m)^2}{-18,15} = -21,55 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 7,82 m^2}{5,05 m} = 23,75 \frac{KN}{m}$$



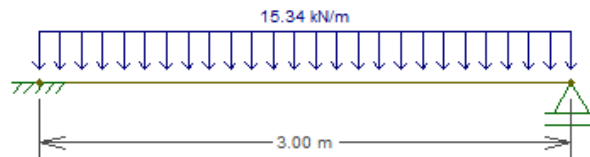
$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 7,82 m^2}{5,05 m} = 23,75 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,76 m^2}{5,20 m} = 19,94 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 3,90 m^2}{5,20 m} = 11,50 \frac{KN}{m}$$

Losa n°28

La losa 28 la consideramos como losas unidireccionales debido a que poseen una dimensión mucho mayor que la restante haciendo que la transmisión de esfuerzos se realice prácticamente en el sentido menor. A su vez se la considera con una sustentación como la que se muestra en la figura siguiente:



A través del programa de cálculo estructural Ftool se obtuvieron las siguientes solicitaciones

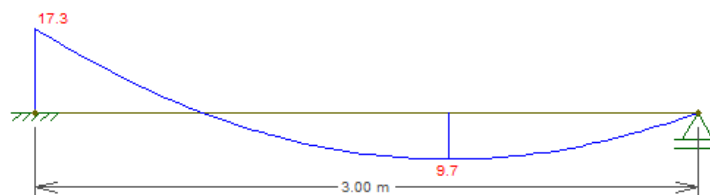
$$M_{ye} = -17,26 \frac{KNm}{m}$$

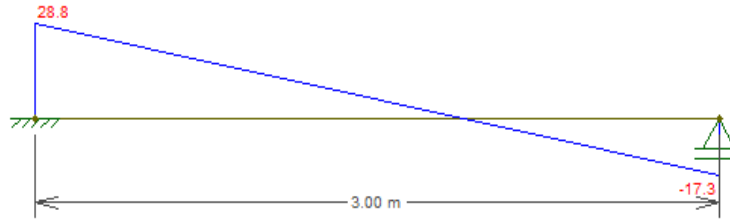
$$M_y = 9,71 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{y1} = 28,76 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = 17,26 \frac{KN}{m}$$

Donde se pueden apreciar en los gráficos siguiente los diagramas de momento flector y corte respectivamente.





Losa n°29

$$\varepsilon = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,42 \text{ m}}{3,72 \text{ m}} = 0,92 \rightarrow 0,90$$

$$A_{x1} = 2,80 \text{ m}^2$$

$$A_{x2} = 2,80 \text{ m}^2$$

$$A_{y1} = 1,85 \text{ m}^2$$

$$A_{y2} = 1,85 \text{ m}^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 21,93$$

$$m_y = 27,86$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,42 \text{ m})^2}{21,93} = 8,18 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,42 \text{ m})^2}{27,86} = 6,44 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 2,80 \text{ m}^2}{3,42 \text{ m}} = 12,56 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 2,80 \text{ m}^2}{3,42 \text{ m}} = 12,56 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 1,85 \text{ m}^2}{3,72 \text{ m}} = 7,63 \frac{KN}{m}$$



$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 1,85 m^2}{3,72 m} = 7,63 \frac{KN}{m}$$

Losa n°34

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,70 m}{6,65 m} = 0,56 \rightarrow 0,55$$

$$A_{x1} = 5,83 m^2$$

$$A_{x2} = 10,08 m^2$$

$$A_{y1} = 4,85 m^2$$

$$A_{y2} = 4,85 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 181,82$$

$$m_y = 25,97$$

$$m_{xe} = -17,83$$

$$m_{ye} = -12,41$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,70 m)^2}{181,82} = 1,15 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,70 m)^2}{25,97} = 8,09 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,70 m)^2}{-17,83} = -11,78 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,70 m)^2}{-12,41} = -16,92 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 5,83 m^2}{6,65 m} = 13,45 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,08 m^2}{6,65 m} = 23,25 \frac{KN}{m}$$



$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,85 m^2}{3,70 m} = 20,11 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,85 m^2}{3,70 m} = 20,11 \frac{KN}{m}$$

Losa n°37

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,85 m}{5,55 m} = 0,69 \rightarrow 0,70$$

$$A_{x1} = 8,85 m^2$$

$$A_{x2} = 5,10 m^2$$

$$A_{y1} = 2,71 m^2$$

$$A_{y2} = 4,70 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 58,48$$

$$m_y = 23,47$$

$$m_{xe} = -13,02$$

$$m_{ye} = -10,04$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{58,48} = 3,89 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{23,47} = 9,69 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-13,02} = -17,46 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-10,04} = -22,65 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 8,85 m^2}{5,55 m} = 24,46 \frac{KN}{m}$$



$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 5,10 m^2}{5,55 m} = 14,10 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 2,71 m^2}{3,85 m} = 10,80 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 18,73 \frac{KN}{m}$$

Losa n°38

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,85 m}{6,65 m} = 0,58 \rightarrow 0,60$$

$$A_{x1} = 10,25 m^2$$

$$A_{x2} = 5,92 m^2$$

$$A_{y1} = 4,70 m^2$$

$$A_{y2} = 4,70 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 65,36$$

$$m_y = 22,17$$

$$m_{xe} = -13,07$$

$$m_{ye} = -9,56$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{65,36} = 3,48 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{22,17} = 10,26 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-13,07} = -17,40 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-9,56} = -23,78 \frac{KNm}{m}$$



$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,25 m^2}{6,65 m} = 23,64 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 5,92 m^2}{6,65 m} = 13,66 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 18,73 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 18,73 \frac{KN}{m}$$

Losa n°40

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,85 m}{6,70 m} = 0,57 \rightarrow 0,60$$

$$A_{x1} = 10,42 m^2$$

$$A_{x2} = 6,00 m^2$$

$$A_{y1} = 4,70 m^2$$

$$A_{y2} = 4,70 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 65,36$$

$$m_y = 22,17$$

$$m_{xe} = -13,07$$

$$m_{ye} = -9,56$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{65,36} = 3,48 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{22,17} = 10,26 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-13,07} = -17,40 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{Uye} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-9,56} = -23,78 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 10,42 m^2}{6,65 m} = 24,04 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 6,00 m^2}{6,65 m} = 13,84 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 18,73 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 18,73 \frac{KN}{m}$$

Losa n°41

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} = \frac{3,85 m}{5,05 m} = 0,76 \rightarrow 0,75$$

$$A_{x1} = 7,65 m^2$$

$$A_{x2} = 4,42 m^2$$

$$A_{y1} = 4,70 m^2$$

$$A_{y2} = 2,71 m^2$$

De las tablas de Marcus obtenemos:

$$m_x = 53,19$$

$$m_y = 25,64$$

$$m_{xe} = -13,10$$

$$m_{ye} = -10,64$$

$$M_{Ux} = \frac{q * l_{min}^2}{m_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{53,19} = 4,27 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} = \frac{q * l_{min}^2}{m_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{25,64} = 8,87 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{U_{xe}} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{xe}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-13,10} = -17,36 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{U_{ye}} = \frac{q * l_{min}^2}{m_{ye}} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * (3,85 m)^2}{-10,64} = -21,37 \frac{KNm}{m}$$

$$R_{x1} = \frac{q * A_{x1}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 7,65 m^2}{6,65 m} = 17,65 \frac{KN}{m}$$

$$R_{x2} = \frac{q * A_{x2}}{l_x} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,42 m^2}{6,65 m} = 10,19 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = \frac{q * A_{y1}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 4,70 m^2}{3,85 m} = 18,73 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y2} = \frac{q * A_{y2}}{l_y} = \frac{15,34 \frac{KN}{m^2} * 2,71 m^2}{3,85 m} = 10,80 \frac{KN}{m}$$

7.2.2.1 Redistribución de momentos de losa de azotea – dirección x-x

Con todas las solicitaciones calculadas procedemos a realizar nuevamente las comprobaciones de similitud de momento en las losas para corroborar que la sustentación adoptada verifique, y de ser necesario compatibilizar los momentos en apoyo adecuando en ese caso los momentos en el tramo.

Losa n°1 y n°2

$$M_{U_{xe}}(L1) = -34,21 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{U_{xe}}(L2) = -34,60 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U_{xe}} = -34,60 \frac{KNm}{m} + 34,21 \frac{KNm}{m} = -0,39 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U_{\%}} = 1,13\% < 20\% \rightarrow Verifica$$

$$M_{U_x}(L1) = M_{U_x} + \frac{1}{2} * \Delta M_{U_{xe}} = 12,38 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,39 \frac{KNm}{m} = 12,18 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{U_x}(L2) = M_{U_x} + \frac{1}{2} * \Delta M_{U_{xe}} = 11,61 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,39 \frac{KNm}{m} = 11,80 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{U_{xa}} = M_{U_{xe}} + \frac{1}{2} * \Delta M_{U_{xe}} = -34,21 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,39 \frac{KNm}{m} = -34,40 \frac{KNm}{m}$$



Losa n°4 y n°5

$$M_{Uxe}(L4) = -34,60 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L5) = -30,23 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -34,60 \frac{KNm}{m} + 30,23 \frac{KNm}{m} = -4,37 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 12,63\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L4) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 11,61 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 4,37 \frac{KNm}{m} = 13,79 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L5) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 11,38 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 4,37 \frac{KNm}{m} = 9,19 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -34,60 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 4,37 \frac{KNm}{m} = -32,41 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°6 y n°7

$$M_{Uxe}(L6) = -25,97 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L7) = -23,39 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -25,97 \frac{KNm}{m} + 23,39 \frac{KNm}{m} = -2,58 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 9,93\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L6) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 9,54 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,58 \frac{KNm}{m} = 10,83 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L7) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 5,35 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 2,58 \frac{KNm}{m} = 4,06 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -25,97 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,58 \frac{KNm}{m} = -24,68 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°9 y n°10

$$M_{Uxe}(L9) = -23,15 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L10) = -23,31 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -23,31 \frac{KNm}{m} + 23,15 \frac{KNm}{m} = -0,16 \frac{KNm}{m}$$



$$\Delta M_{U\%} = 0,69\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L9) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 5,93 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,16 \frac{KNm}{m} = 5,85 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L10) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 8,92 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,16 \frac{KNm}{m} = 9,00 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -23,15 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,16 \frac{KNm}{m} = -23,23 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°27 y n°28

$$M_{Uxe}(L27) = -23,39 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L28) = -17,26 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -23,39 \frac{KNm}{m} + 17,26 \frac{KNm}{m} = -6,13 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 26,21\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe}(L28) = -17,26 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L27) = M_{Ux} + \Delta M_{Uxe} = 5,35 \frac{KNm}{m} + 6,13 \frac{KNm}{m} = 11,48 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°33 y n°34

$$M_{Uxe}(L33) = -23,39 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L34) = -11,78 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -23,39 \frac{KNm}{m} + 11,78 \frac{KNm}{m} = -11,61 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 49,64\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe}(L34) = -11,78 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L33) = M_{Ux} + \Delta M_{Uxe} = 5,35 \frac{KNm}{m} + 11,61 \frac{KNm}{m} = 16,96 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°34 y n°35

$$M_{Uxe}(L34) = -11,78 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{Uxe}(L35) = -23,15 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -23,15 \frac{KNm}{m} + 11,78 \frac{KNm}{m} = -11,37 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 49,11\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe}(L34) = -11,78 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L35) = M_{Ux} + \Delta M_{Uxe} = 5,93 \frac{KNm}{m} + 11,37 \frac{KNm}{m} = 17,30 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°37 y n°38

$$M_{Uxe}(L37) = -17,46 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L38) = -17,40 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -17,46 \frac{KNm}{m} + 17,40 \frac{KNm}{m} = -0,06 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 0,34\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L37) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 3,89 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,06 \frac{KNm}{m} = 3,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L38) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 3,48 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,06 \frac{KNm}{m} = 3,45 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -17,46 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,06 \frac{KNm}{m} = -17,46 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°40 y n°41

$$M_{Uxe}(L40) = -17,40 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uxe}(L41) = -17,36 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uxe} = -17,40 \frac{KNm}{m} + 17,36 \frac{KNm}{m} = -0,04 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 0,23\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Ux}(L40) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 3,98 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,04 \frac{KNm}{m} = 4,00 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L41) = M_{Ux} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = 4,27 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,04 \frac{KNm}{m} = 4,25 \frac{KNm}{m}$$



$$M_{Uxa} = M_{Uxe} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uxe} = -17,40 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,04 \frac{KNm}{m} = -17,38 \frac{KNm}{m}$$

7.4.3 Redistribución de momentos de losa de azotea – dirección y – y Losa n°1 y n°6

$$M_{Uye} (L1) = -32,88 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} (L6) = -24,85 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -32,88 \frac{KNm}{m} + 24,85 \frac{KNm}{m} = -8,03 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 24,42\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye} (L6) = -24,85 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} (L1) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 10,96 \frac{KNm}{m} + 8,03 \frac{KNm}{m} = 18,99 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°32 y n°37

$$M_{Uye} (L32) = -24,85 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} (L37) = -22,65 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -24,85 \frac{KNm}{m} + 22,65 \frac{KNm}{m} = -2,20 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 8,85\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy} (L32) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 8,01 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,20 \frac{KNm}{m} = 9,11 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy} (L37) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 9,69 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 2,20 \frac{KNm}{m} = 8,59 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = -24,85 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 2,20 \frac{KNm}{m} = -23,75 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°2 y n°7

$$M_{Uye} (L2) = -36,02 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye} (L7) = -28,94 \frac{KNm}{m}$$



$$\Delta M_{Uye} = -36,02 \frac{KNm}{m} + 28,94 \frac{KNm}{m} = -7,08 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 19,65\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy}(L2) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 12,88 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 7,08 \frac{KNm}{m} = 16,42 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L7) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 12,32 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 7,08 \frac{KNm}{m} = 8,78 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = -36,02 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 7,08 \frac{KNm}{m} = -32,48 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°33 y n°38

$$M_{Uye}(L33) = -28,94 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L38) = -23,78 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -28,94 \frac{KNm}{m} + 23,78 \frac{KNm}{m} = -5,16 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 17,83\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy}(L33) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 12,32 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 5,16 \frac{KNm}{m} = 14,9 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L38) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 10,26 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 5,16 \frac{KNm}{m} = 7,68 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = -28,94 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 5,16 \frac{KNm}{m} = -26,36 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°34 y n°39

$$M_{Uye}(L34) = -16,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L39) = -23,78 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -23,78 \frac{KNm}{m} + 16,92 \frac{KNm}{m} = -6,86 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 28,85\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye}(L34) = -16,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L39) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 10,26 \frac{KNm}{m} + 6,86 \frac{KNm}{m} = 17,12 \frac{KNm}{m}$$



Losa n°4 y n°9

$$M_{Uye}(L4) = -36,02 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L9) = -27,41 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -36,02 \frac{KNm}{m} + 27,41 \frac{KNm}{m} = -8,61 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 23,90\% > 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye}(L9) = -27,41 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L4) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 12,88 \frac{KNm}{m} + 8,61 \frac{KNm}{m} = 21,49 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°35 y n°40

$$M_{Uye}(L35) = -27,41 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L40) = -23,78 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -27,41 \frac{KNm}{m} + 23,78 \frac{KNm}{m} = -3,63 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 13,24\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy}(L35) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 11,24 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 3,63 \frac{KNm}{m} = 13,05 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L40) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 10,26 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 3,63 \frac{KNm}{m} = 8,44 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = -27,41 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 3,63 \frac{KNm}{m} = -25,59 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°5 y n°10

$$M_{Uye}(L5) = -27,92 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L10) = -21,55 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -27,92 \frac{KNm}{m} + 21,55 \frac{KNm}{m} = -6,37 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 22,81\% < 20\% \rightarrow \text{No verifica}$$



$$M_{Uya} = M_{Uye}(L10) = -21,55 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L5) = M_{Uy} + \Delta M_{Uye} = 8,84 \frac{KNm}{m} + 6,37 \frac{KNm}{m} = 15,21 \frac{KNm}{m}$$

Losa n°36 y n°41

$$M_{Uye}(L36) = -21,55 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uye}(L41) = -21,37 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{Uye} = -21,55 \frac{KNm}{m} + 21,37 \frac{KNm}{m} = -0,18 \frac{KNm}{m}$$

$$\Delta M_{U\%} = 0,83\% < 20\% \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_{Uy}(L36) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 6,53 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,18 \frac{KNm}{m} = 6,62 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L41) = M_{Uy} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = 8,87 \frac{KNm}{m} - \frac{1}{2} * 0,18 \frac{KNm}{m} = 8,78 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uya} = M_{Uye} + \frac{1}{2} * \Delta M_{Uye} = -21,55 \frac{KNm}{m} + \frac{1}{2} * 0,18 \frac{KNm}{m} = -21,46 \frac{KNm}{m}$$

7.2.3 Dimensionamiento de losas de la planta tipo

Dirección x – x

Para poder dimensionar las losas cruzadas y unidireccionales de la planta tipo tomamos como solicitaciones las halladas anteriormente teniendo en cuenta la redistribución de momentos. Se observa a continuación el cálculo de las losa 1 y losa 2, el dimensionado de las restantes losas puede verse en el anexo.

Losa n°1 y Losa n°2

Los valores de solicitaciones son:

Para los tramos:

$$M_{Ux}(L1) = 7,80 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L2) = 7,68 \frac{KNm}{m}$$

Para el apoyo (momento de empotramiento en el apoyo):

$$M_{Uxa} = -22,03 \frac{KNm}{m}$$



Como primera medida se adopto el espesor de la losa, teniendo en cuenta el requerimiento según el CIRSOC 201-2005, capítulo 9.5.3.2 que especifica el espesor mínimo de losas armadas en dos direcciones:

$$h_{\min} = \frac{\text{luz menor}}{\gamma} = \frac{505 \text{ cm}}{50} = 10,1 \text{ cm (para losa cruzada sin mampostería),}$$

siendo $\beta \approx 1$ (relación de lados de la losa)

Adopto: $h=15 \text{ cm}$ $dx=11,5 \text{ cm}$ Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-tabla2.5)
 $h=12,5 \text{ cm}$ $dy=12,5 \text{ cm}$ Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)

Armadura de flexión

* Para la losa n° 1 en el tramo:

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{7,80 \text{ KNm/m}}{0,90} = 8,67 \text{ KNm} = 0,00867 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$
$$K_d = \frac{d \text{ (m)}}{\sqrt{\frac{M_n \text{ (MNm)}}{b \text{ (m)}}}} = \frac{0,115 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,00867 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 1,24$$

Determino de tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n \text{ (MNm)}}{d \text{ (m)}} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,00867 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}}{0,115 \text{ m}} = \frac{1,83 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 6 \text{ mm } \frac{\text{c}}{15 \text{ cm}}$$

($A_s = 1,98 \text{ cm}^2$)

* Para la losa n° 2 en el tramo:

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{7,68 \text{ KNm/m}}{0,90} = 8,53 \text{ KNm} = 0,00853 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$
$$K_d = \frac{d \text{ (m)}}{\sqrt{\frac{M_n \text{ (MNm)}}{b \text{ (m)}}}} = \frac{0,115 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,00853 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 1,25$$

Determino de tabla de flexión del libro “Hormigón Armado” del autor Oscar Moller de la página 93, ingresando a dicha tabla con el valor del k_d y la resistencia característica del hormigón (H-30), obtengo el valor de :

$$K_e = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n \text{ (MNm)}}{d \text{ (m)}} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,00853 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}}{0,115 \text{ m}} = \frac{1,80 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 6 \text{ mm } \frac{\text{c}}{15 \text{ cm}}$$

($A_s = 1,98 \text{ cm}^2$)

* Para el apoyo:

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{22,03 \text{ KNm/m}}{0,90} = 24,48 \text{ KNm} = 0,02448 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$



$$Kd = \frac{d(m)}{\sqrt{\frac{Mn(MNm)}{b(m)}}} = \frac{0,115 m}{\sqrt{\frac{0,02448 MNm}{1 m}}} = 0,74$$

Determino de tabla de flexión con el valor del kd y la resistencia característica del hormigón el valor de :
 $Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$

$$As = Ke * \frac{Mn(MNm)}{d(m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,02448 \frac{\text{MNm}}{m}}{0,115 m} = \frac{5,3 \text{cm}^2}{m} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 8\text{mm} \frac{c}{10\text{cm}} \text{ (} As = 5,30 \text{ cm}^2/m \text{)}$$

(esta armadura se coloca arriba)

-Verificación de armadura de corte:

El *diseño de las secciones transversales sometidas a esfuerzos de corte* se debe basar en la expresión:

$$\emptyset Vn \geq Vu$$

Vu: el esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada.

Vn: resistencia nominal al corte determinada con la siguiente expresión:

$$Vn = Vc + Vs$$

Siendo:

Vc: la resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón, de acuerdo con el artículo 11.3., 11.4 u 11.12 del CIRSOC 201.

Vs: la resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte, de acuerdo con el artículo 11.5., 11.10.9., u 11.12 del CIRSOC 201.

Para la losa n°1:

$$R_{x1} = 9,98 \frac{KN}{m} \qquad R_{x2} = 17,27 \frac{KN}{m} \qquad \rightarrow Vu \text{ máx} = 17,97 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = 10,31 \frac{KN}{m} \qquad R_{y2} = 17,97 \frac{KN}{m}$$

$$Vn \geq \frac{Vu}{\emptyset} = \frac{17,97 \frac{KN}{m}}{0,75} = 23,96 \frac{KN}{m}$$

Contribución del hormigón:

$$Vc = \frac{1}{6} * \sqrt{f'c} * bw * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 1 * 0,115 = \frac{0,104MN}{m} = 104,9KN/m$$

$Vc \geq Vn \rightarrow \text{no es necesaria armadura de corte}$

Dirección y – y

Se muestra a continuación el cálculo de las losas n°1 y n° 6, los demás cálculos de las losas restantes pueden verse en el anexo.

Losa n°1 y losa n°6:

Los valores de solicitaciones son:

Para los tramos:

$$M_{Uy}(L1) = 12,16 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L6) = 5,13 \frac{KNm}{m}$$

Para el apoyo (momento de empotramiento en el apoyo)



$$M_{Uya} = -15,91 \frac{KNm}{m}$$

* Para la losa n° 1 en el tramo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{12,16 \frac{KNm}{m}}{0,90} = 13,51 KNm = 0,0135 \frac{MNm}{m}$$

$$Kd = \frac{d(m)}{\sqrt{\frac{Mn(MNm)}{b(m)}}} = \frac{0,125 m}{\sqrt{\frac{0,0135 MNm}{1 m}}} = 1,08$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de :

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn(MNm)}{d(m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0135 \text{ MNm/m}}{0,125 m} = \frac{2,63 \text{ cm}^2}{m} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 8\text{mm } c/17\text{cm} \text{ (} As = 2,96 \text{ cm}^2/m \text{)}$$

* Para la losa n° 6 en el tramo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{5,13 \frac{KNm}{m}}{0,90} = 5,7 KNm = 0,00570 \frac{MNm}{m}$$

$$Kd = \frac{d(m)}{\sqrt{\frac{Mn(MNm)}{b(m)}}} = \frac{0,125 m}{\sqrt{\frac{0,00570 MNm}{1 m}}} = 1,66$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn(MNm)}{d(m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,00570 \text{ MNm}}{0,125 m} = \frac{1,10 \text{ cm}^2}{m} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 6\text{mm } \frac{c}{17\text{cm}} \text{ (} As = 1,65 \text{ cm}^2/m \text{)}$$

* Para el apoyo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{15,91 \text{ KNm/m}}{0,90} = 17,68 \text{ KNm} = 0,01768 \frac{MNm}{m}$$

$$Kd = \frac{d(m)}{\sqrt{\frac{Mn(MNm)}{b(m)}}} = \frac{0,125 m}{\sqrt{\frac{0,01768 MNm}{1 m}}} = 0,94$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn(MNm)}{d(m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,01768 \frac{\text{MNm}}{m}}{0,125 m} = \frac{3,5 \text{ cm}^2}{m} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 8\text{mm } \frac{c}{14\text{cm}} \text{ (} As = 3,59 \text{ cm}^2/m \text{)}$$

(Esta armadura se coloca arriba)



El dimensionado de la losas n°11, n°16, n°21, n°26 es igual al de la losa n°6, tanto para el tramo como para los apoyos.

7.2.4 Dimensionamiento de losas de azotea

Dirección x –x

Para poder dimensionar las losas cruzadas y unidireccionales de la planta de estructura de la azotea tomamos como solicitaciones las halladas anteriormente teniendo en cuenta la redistribución de momentos. El cálculo de las demás losas se observa en el anexo

Losa n°1 y Losa n°2

Los valores de solicitaciones son:

Para los tramos:

$$M_{Ux}(L1) = 12,18 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Ux}(L2) = 11,80 \frac{KNm}{m}$$

Para el apoyo (momento de empotramiento en el apoyo):

$$M_{Uxa} = -34,40 \frac{KNm}{m}$$

Se adopto: h=15cm dx=11,5cm Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-taba2.5)

h= 12,5cm dy=12,5cm Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)

Armadura de flexión

* Para la losa n° 1 en el tramo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{12,18 \text{ KNm/m}}{0,90} = 13,53 \text{ KNm} = 0,01353 \frac{MNm}{m}$$

$$Kd = \frac{d(m)}{\sqrt{\frac{Mn(MNm)}{b(m)}}} = \frac{0,115 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,01353 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 0,99$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn(MNm)}{d(m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,01353 \text{ MNm/m}}{0,115 \text{ m}} = \frac{2,86 \text{ cm}^2}{m} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 8 \text{ mm c/17cm } (As = 2,96 \text{ cm}^2)$$

* Para la losa n° 2 en el tramo:



$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{11,80 \text{ KNm/m}}{0,90} = 13,11 \text{ KNm} = 0,0131 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$

$$Kd = \frac{d \text{ (m)}}{\sqrt{\frac{Mn \text{ (MNm)}}{b \text{ (m)}}}} = \frac{0,115 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0131 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 1$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn \text{ (MNm)}}{d \text{ (m)}} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0131 \text{ MNm/m}}{0,115 \text{ m}} = \frac{2,8 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 8 \text{ mm } c/17 \text{ cm } (As = 2,96 \text{ cm}^2)$$

* Para el apoyo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{34,4 \text{ KNm/m}}{0,90} = 38,22 \text{ KNm} = 0,0382 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$

$$Kd = \frac{d \text{ (m)}}{\sqrt{\frac{Mn \text{ (MNm)}}{b \text{ (m)}}}} = \frac{0,115 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,03822 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 0,59$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de :

$$Ke = 25,625 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn \text{ (MNm)}}{d \text{ (m)}} = 25,625 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,03822 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}}{0,115 \text{ m}} = \frac{8,52 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 10 \text{ mm } \frac{c}{9 \text{ cm}} (As = 8,73 \text{ cm}^2/\text{m})$$

(Esta armadura se coloca arriba)

-Verificación de armadura de corte:

El diseño de las secciones transversales sometidas a esfuerzos de corte se debe basar en la expresión

$$\phi Vn \geq Vu$$

Vu: el esfuerzo de corte mayorado en la sección considerada.

Vn: resistencia nominal al corte determinada con la siguiente expresión:

$$Vn = Vc + Vs$$

Siendo:

Vc: la resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón

Vs: la resistencia nominal al corte proporcionada por la armadura de corte

Para la losa n°1:

$$R_{x1} = 26,98 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$R_{y1} = 16,11 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$R_{x2} = 26,98 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$R_{y2} = 28,06 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$\rightarrow Vu \text{ máx} = 28,06 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$



$$Vn \geq \frac{Vu}{\phi} = \frac{28,06 \frac{KN}{m}}{0,75} = 37,41 \frac{KN}{m}$$

Contribución del hormigón:

$$Vc = \frac{1}{6} * \sqrt{f'c} * bw * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 1 * 0,115 = \frac{0,104MN}{m} = 104,9KN/m$$

$Vc \geq Vn \rightarrow$ no es necesaria armadura de corte

Para la losa n°2:

$$R_{x1} = 14,72 \frac{KN}{m} \qquad R_{x2} = 25,49 \frac{KN}{m} \qquad \rightarrow Vu \text{ máx} = 27,74 \frac{KN}{m}$$

$$R_{y1} = 27,74 \frac{KN}{m} \qquad R_{y2} = 27,74 \frac{KN}{m}$$

$$Vn \geq \frac{Vu}{\phi} = \frac{27,74 \frac{KN}{m}}{0,75} = 36,99 \frac{KN}{m}$$

Contribución del hormigón:

$$Vc = \frac{1}{6} * \sqrt{f'c} * bw * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 1 * 0,115 = \frac{0,104MN}{m} = 104,9KN/m$$

$Vc \geq Vn \rightarrow$ no es necesaria armadura de corte

Dirección y - y

Se muestra a continuación el cálculo de las losa n° 1 y losa n°6 .El cálculo de las demás losas se observa en el anexo

Losa n°1 y losa n°6

Los valores de sollicitaciones son:

Para los tramos:

$$M_{Uy}(L1) = 18,99 \frac{KNm}{m}$$

$$M_{Uy}(L6) = 8,01 \frac{KNm}{m}$$

Para el apoyo (momento de empotramiento en el apoyo)

$$M_{Uya} = -24,85 \frac{KNm}{m}$$

* Para la losa n° 1 en el tramo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{18,99 \text{ KNm/m}}{0,90} = 21,1 \text{ KNm} = 0,0211 \frac{MNm}{m}$$

$$Kd = \frac{d(m)}{\sqrt{\frac{Mn(MNm)}{b(m)}}} = \frac{0,125 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0211 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 0,86$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:



$$Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0211 \text{ MNm} / \text{m}}{0,125 \text{ m}} = \frac{4,2 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 8 \text{ mm } c/10,5 \text{ cm } (As = 4,79 \text{ cm}^2)$$

* Para la losa n° 6 en el tramo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{8,01 \text{ KNm} / \text{m}}{0,90} = 8,9 \text{ KNm} = 0,0089 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$

$$Kd = \frac{d (m)}{\sqrt{\frac{Mn (\text{MNm})}{b (m)}}} = \frac{0,125 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0089 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 1,32$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0089 \text{ MNm} / \text{m}}{0,125 \text{ m}} = \frac{1,73 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 6 \text{ mm } c/14 \text{ cm } (As = 2,02 \text{ cm}^2)$$

* Para el apoyo:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{24,85 \text{ KNm} / \text{m}}{0,90} = 27,61 \text{ KNm} = 0,02761 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$

$$Kd = \frac{d (m)}{\sqrt{\frac{Mn (\text{MNm})}{b (m)}}} = \frac{0,125 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,02761 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 0,75$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,02761 \text{ MNm} / \text{m}}{0,125 \text{ m}} = \frac{5,47 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 10 \text{ mm } c/14 \text{ cm } (As = 5,61 \text{ cm}^2)$$

(Esta armadura se coloca arriba)

7.3 Cálculo de vigas

Solicitaciones de vigas

Las vigas se dimensionarán considerándolas como vigas continuas, debido a que mediante esta hipótesis de cálculo se obtendrán una mejor distribución de las solicitaciones de flexión, lo cual lleva a una reducción en la sección de acero a utilizar. A demás para considerar la peor condición de carga se utilizará como esfuerzo a soportar a las reacciones de las losas cruzadas anteriormente calculadas, las cuales fueron dimensionadas bajo la condición más desfavorable.



Para comenzar el desarrollo empezaremos a realizar el cálculo de las transferencias de carga de las losas a las vigas ubicadas en forma paralela al eje X-X, y subsecuentemente las vigas paralelas al eje Y-Y. Posteriormente se calcularon las solicitaciones con el programa F-tool.

Las nomenclaturas de las vigas se pueden observar en el **plano n°11**.

7.3.1 Solicitaciones de vigas de planta tipo

Dirección x -x

Viga n°1

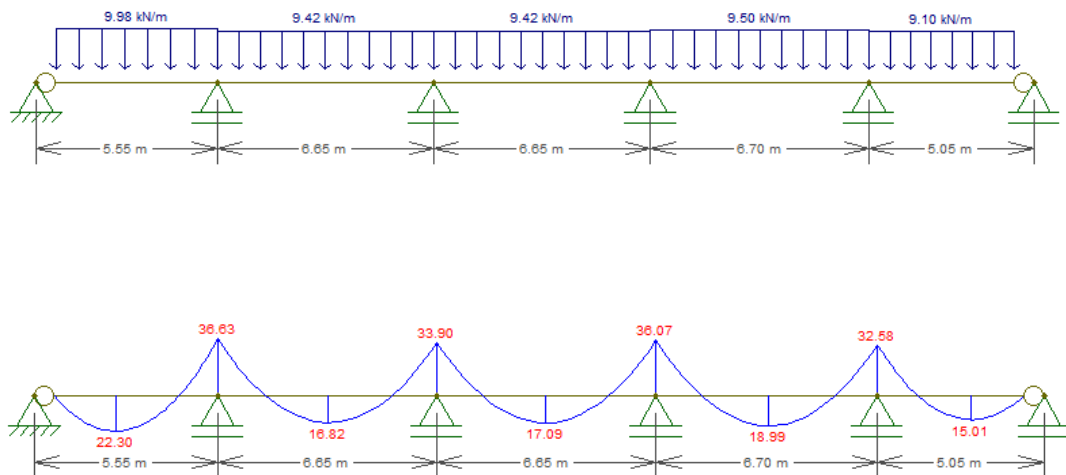
$$q_{tr1} = R_{x1}(L1) = 9,98 \frac{KN}{m}$$

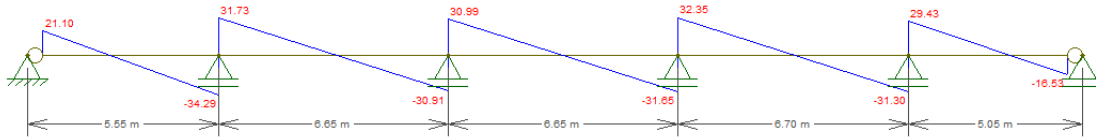
$$q_{tr2} = R_{x1}(L2) = 9,42 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x1}(L3) = 9,42 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x1}(L4) = 9,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x1}(L5) = 9,10 \frac{KN}{m}$$





Viga n°2

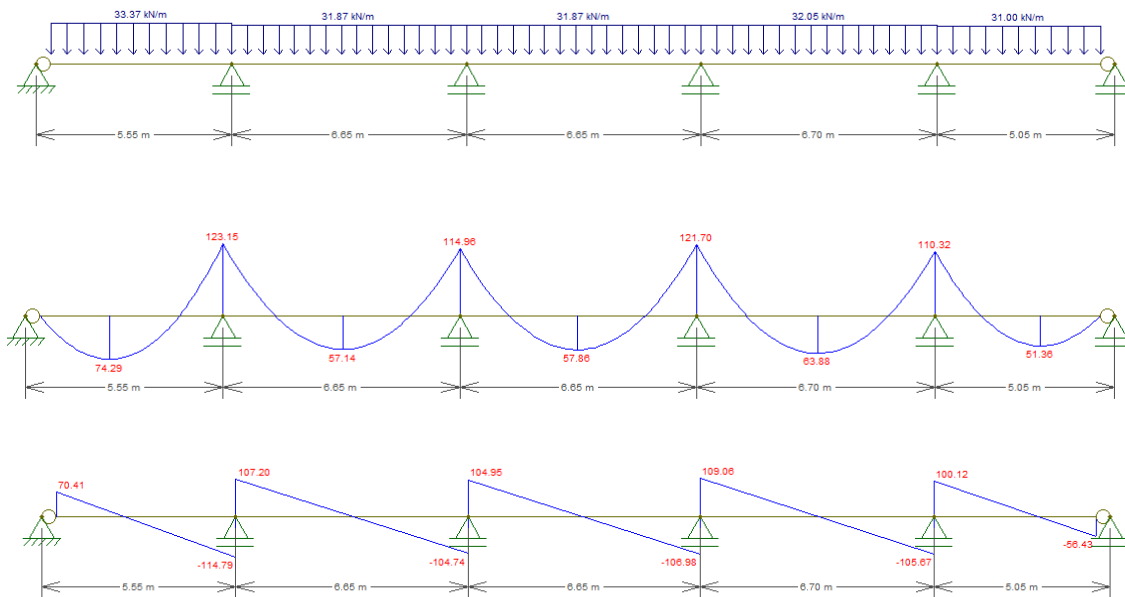
$$q_{tr1} = R_{x2}(L1) + R_{x1}(L6) = 17,27 \frac{KN}{m} + 16,10 \frac{KN}{m} = 33,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L2) + R_{x1}(L7) = 16,32 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,87 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L3) + R_{x1}(L8) = 16,32 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,87 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L4) + R_{x1}(L9) = 16,44 \frac{KN}{m} + 15,61 \frac{KN}{m} = 32,05 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L5) + R_{x1}(L10) = 15,79 \frac{KN}{m} + 15,21 \frac{KN}{m} = 31 \frac{KN}{m}$$



Viga n°3 y n°4

$$q_{tr1} = R_{x2}(L6) + R_{x1}(L11) = 16,10 \frac{KN}{m} + 16,10 \frac{KN}{m} = 32,20 \frac{KN}{m}$$

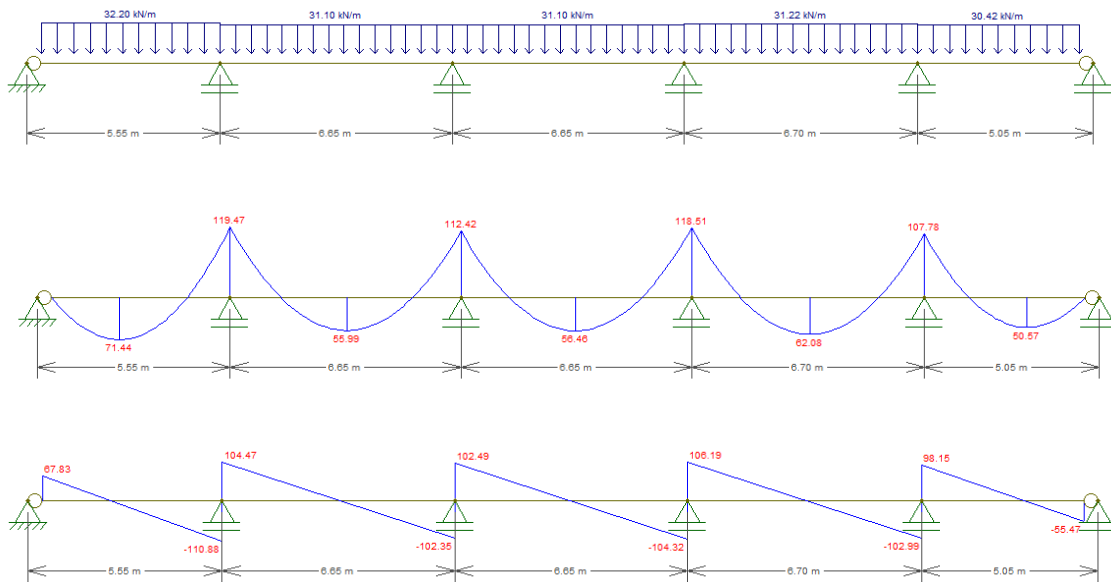


$$q_{tr2} = R_{x2}(L7) + R_{x1}(L12) = 15,55 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,1 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L8) + R_{x1}(L13) = 15,55 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,1 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L9) + R_{x1}(L14) = 15,61 \frac{KN}{m} + 15,61 \frac{KN}{m} = 31,22 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L10) + R_{x1}(L15) = 15,21 \frac{KN}{m} + 15,21 \frac{KN}{m} = 30,42 \frac{KN}{m}$$



Viga n°5

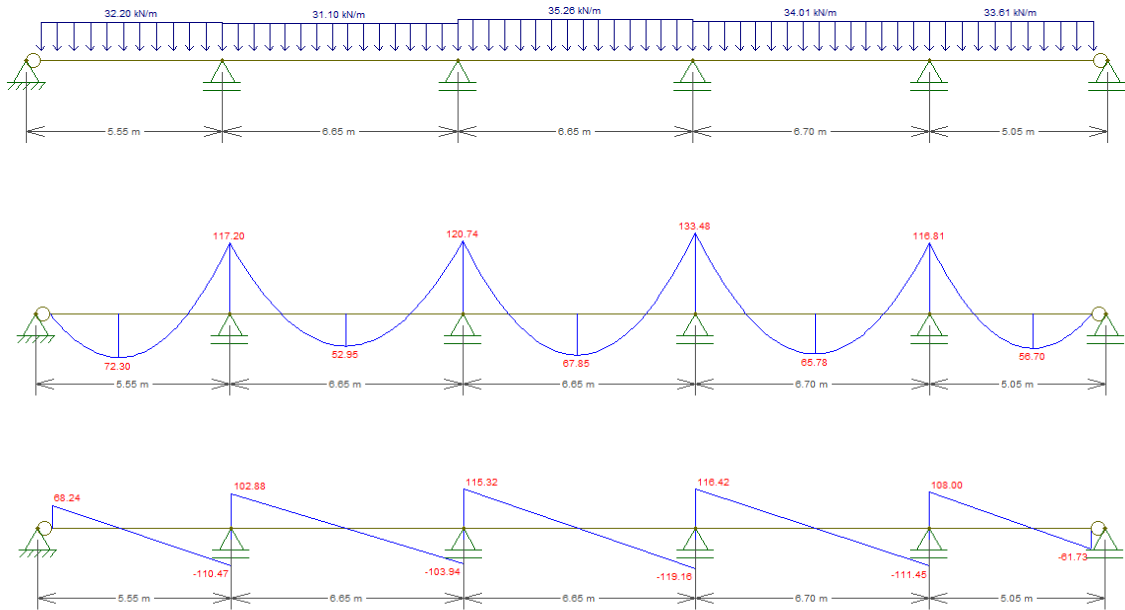
$$q_{tr1} = R_{x2}(L16) + R_{x1}(L21) = 16,10 \frac{KN}{m} + 16,10 \frac{KN}{m} = 32,20 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L17) + R_{x1}(L22) = 15,55 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,1 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L18) + R_{x1}(L23) = 15,55 \frac{KN}{m} + 19,71 \frac{KN}{m} = 35,26 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L19) + R_{x1}(L24) = 15,61 \frac{KN}{m} + 18,4 \frac{KN}{m} = 34,01 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L20) + R_{x1}(L25) = 15,21 \frac{KN}{m} + 18,4 \frac{KN}{m} = 33,61 \frac{KN}{m}$$



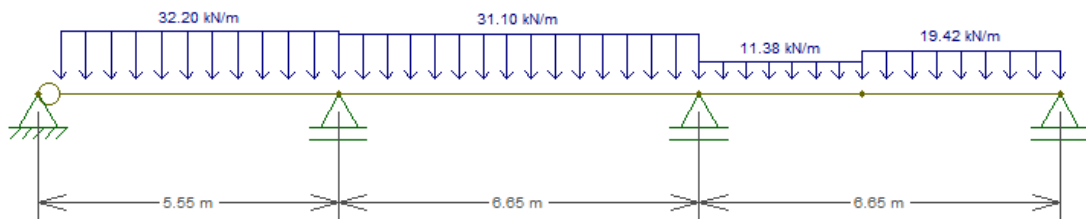
Viga n°6

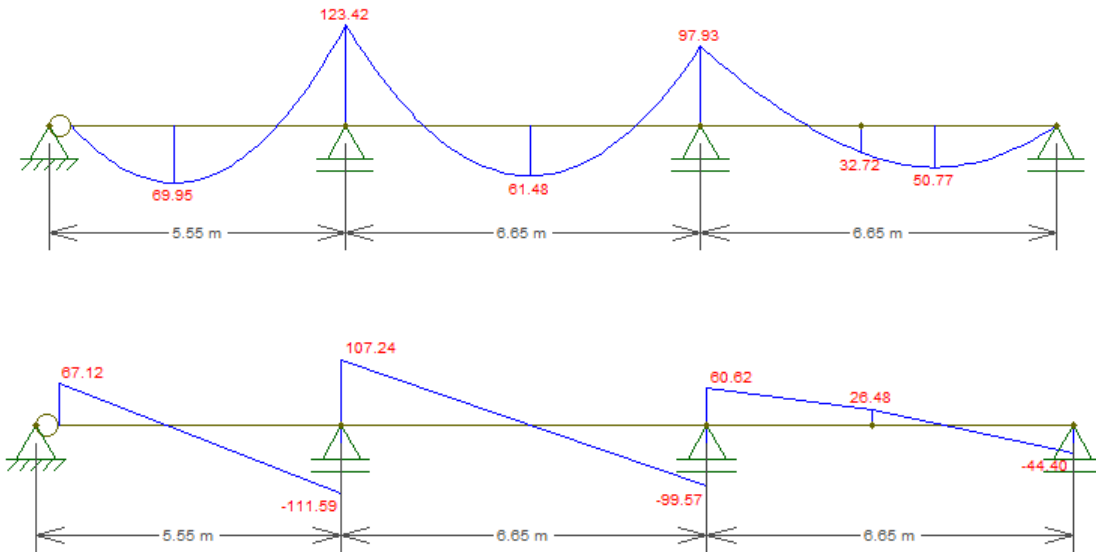
$$q_{tr1} = R_{x2}(L21) + R_{x1}(L26) = 16,10 \frac{KN}{m} + 16,10 \frac{KN}{m} = 32,20 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L22) + R_{x1}(L27) = 15,55 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,1 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L23) = 11,38 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L23) + R_{x1}(L29) = 11,38 \frac{KN}{m} + 8,04 \frac{KN}{m} = 19,42 \frac{KN}{m}$$

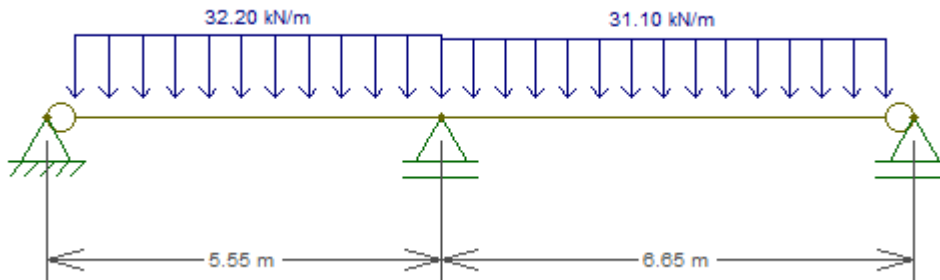


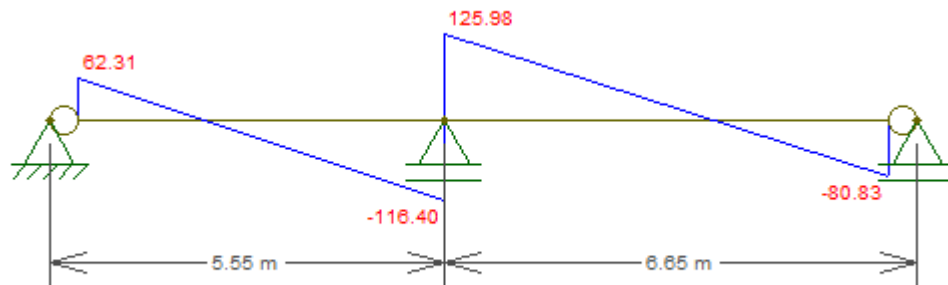
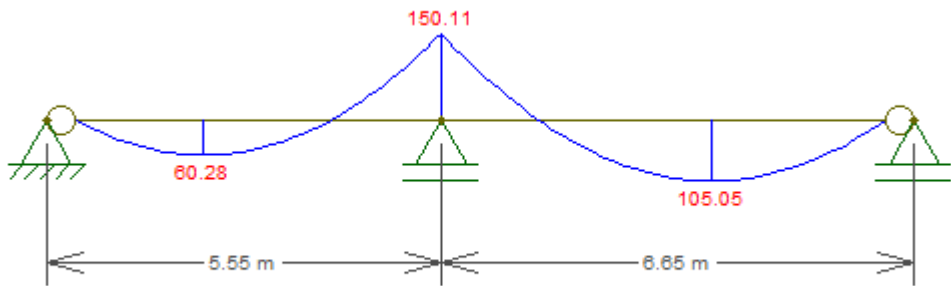


Viga n°7

$$q_{tr1} = R_{x2}(L26) + R_{x1}(L30) = 16,10 \frac{KN}{m} + 16,10 \frac{KN}{m} = 32,20 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L27) + R_{x1}(L31) = 15,55 \frac{KN}{m} + 15,55 \frac{KN}{m} = 31,1 \frac{KN}{m}$$

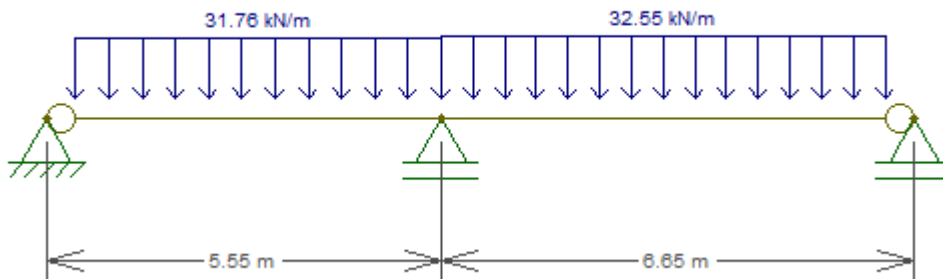


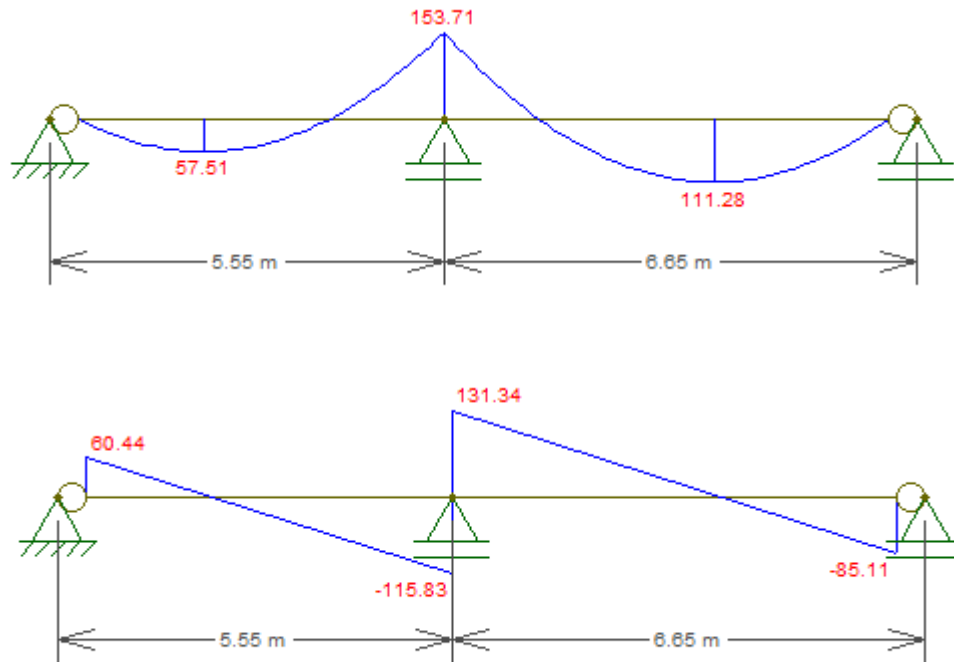


Viga n°8

$$q_{tr1} = R_{x2}(L30) + R_{x1}(L32) = 16,10 \frac{KN}{m} + 15,66 \frac{KN}{m} = 31,76 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L31) + R_{x1}(L33) = 15,55 \frac{KN}{m} + 17 \frac{KN}{m} = 32,55 \frac{KN}{m}$$

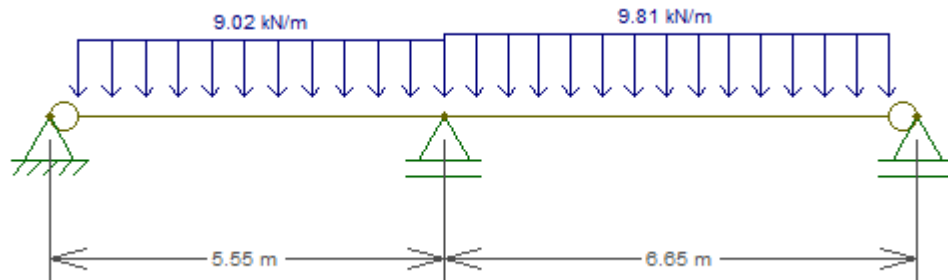


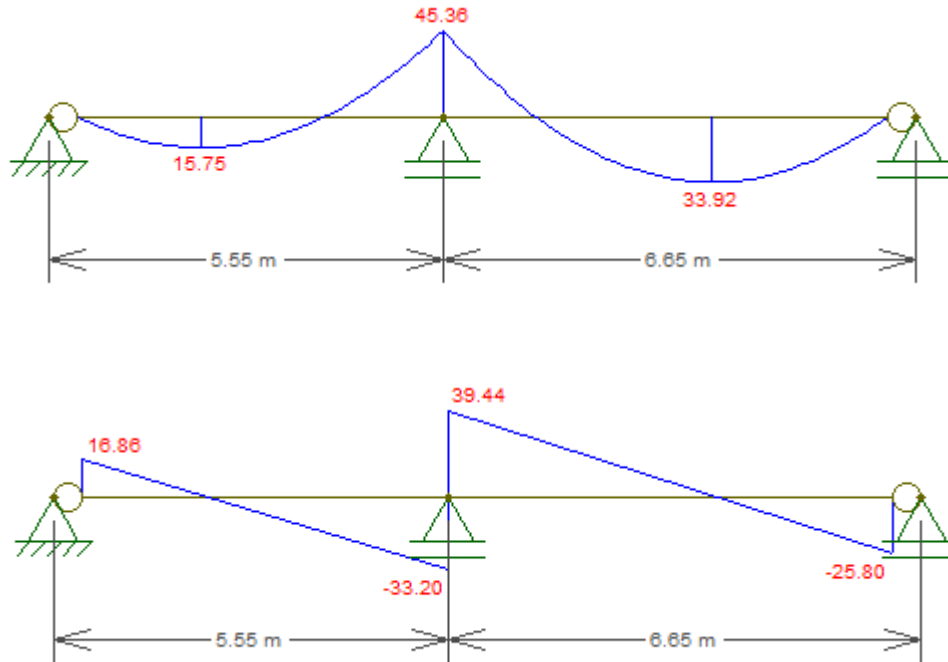


Viga n°9

$$q_{tr1} = R_{x2}(L32) = 9,02 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L33) = 9,81 \frac{KN}{m}$$





Dirección Y – Y

Viga n°1

$$q_{tr1} = R_{y1}(L1) = 10,31 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y1}(L6) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y1}(L11) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

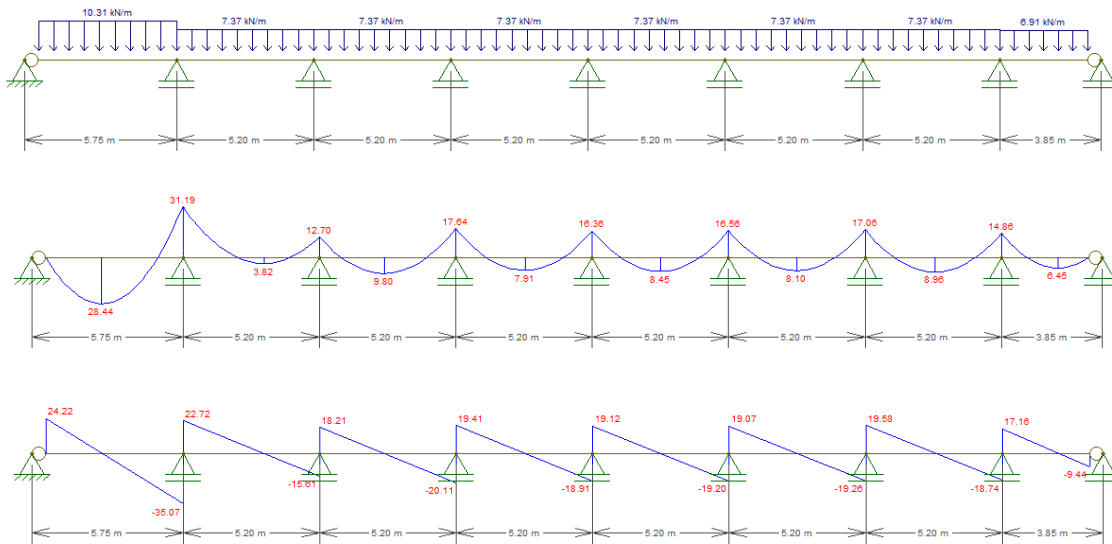
$$q_{tr4} = R_{y1}(L16) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{y1}(L21) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y1}(L26) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y1}(L30) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y1}(L32) = 6,91 \frac{KN}{m}$$



Viga n°2

$$q_{tr1} = R_{y2}(L1) + R_{y1}(L2) = 17,97 \frac{KN}{m} + 17,76 \frac{KN}{m} = 35,73 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L6) + R_{y1}(L7) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L11) + R_{y1}(L12) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

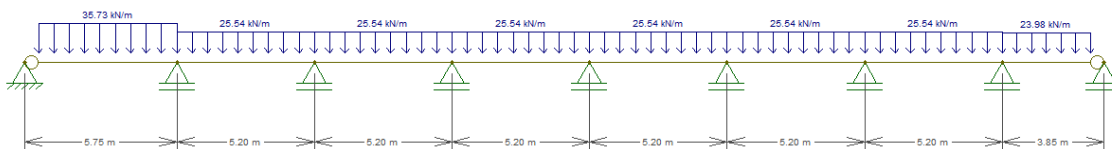
$$q_{tr4} = R_{y2}(L16) + R_{y1}(L17) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

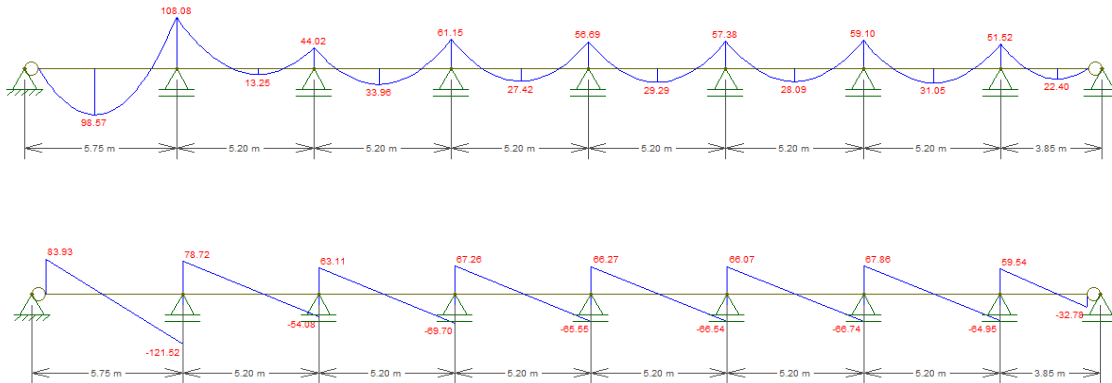
$$q_{tr5} = R_{y2}(L21) + R_{y1}(L22) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L26) + R_{y1}(L27) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y2}(L30) + R_{y1}(L31) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y2}(L32) + R_{y1}(L33) = 11,99 \frac{KN}{m} + 11,99 \frac{KN}{m} = 23,98 \frac{KN}{m}$$





Viga n°3

$$q_{tr1} = R_{y2}(L2) + R_{y1}(L3) = 17,76 \frac{KN}{m} + 17,76 \frac{KN}{m} = 35,52 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L7) + R_{y1}(L8) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L12) + R_{y1}(L13) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

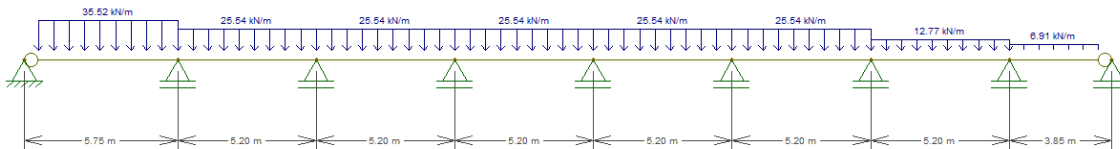
$$q_{tr4} = R_{y2}(L17) + R_{y1}(L18) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

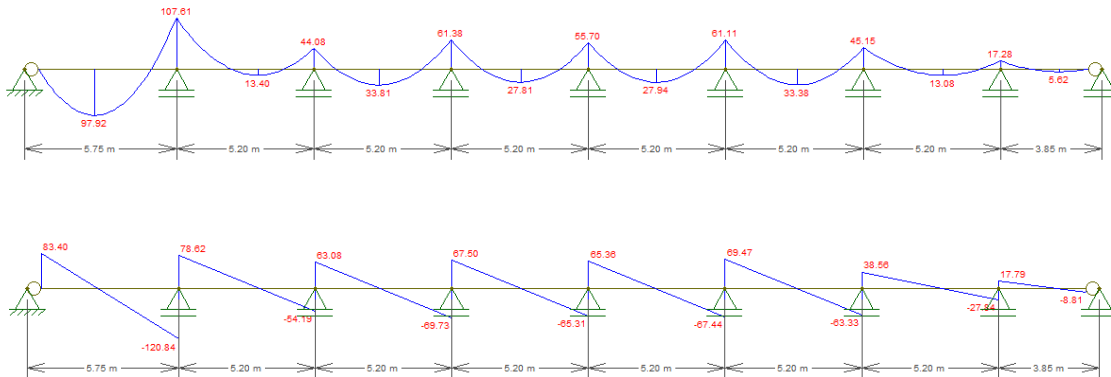
$$q_{tr5} = R_{y2}(L22) + R_{y1}(L23) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L27) + R_{y1}(L28) = 12,77 \frac{KN}{m} + 18,40 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y2}(L31) = 12,77 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y2}(L33) = 6,91 \frac{KN}{m}$$





Viga n°4

$$q_{tr1} = R_{y2}(L3) + R_{y1}(L4) = 17,76 \frac{KN}{m} + 17,78 \frac{KN}{m} = 35,54 \frac{KN}{m}$$

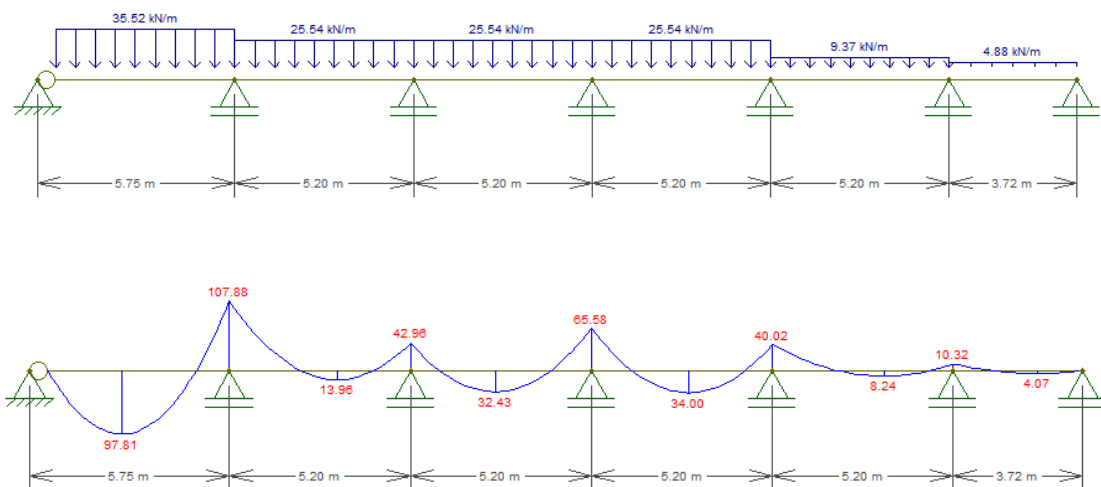
$$q_{tr2} = R_{y2}(L8) + R_{y1}(L9) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

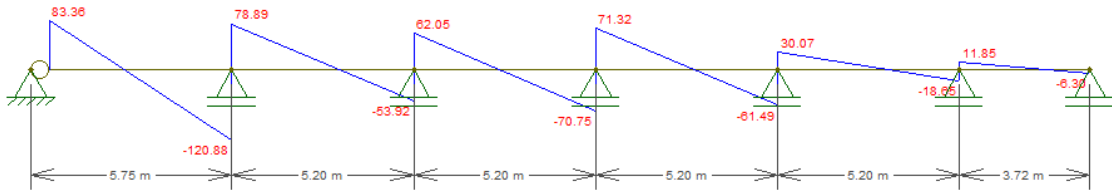
$$q_{tr3} = R_{y2}(L13) + R_{y1}(L14) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{y2}(L18) + R_{y1}(L19) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{y2}(L23) = 9,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L29) = 4,88 \frac{KN}{m}$$





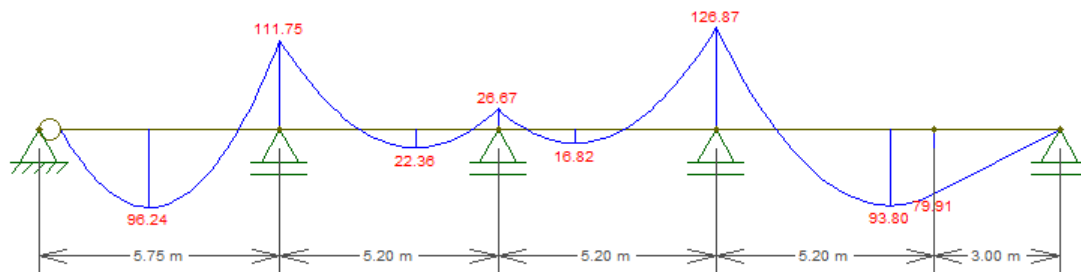
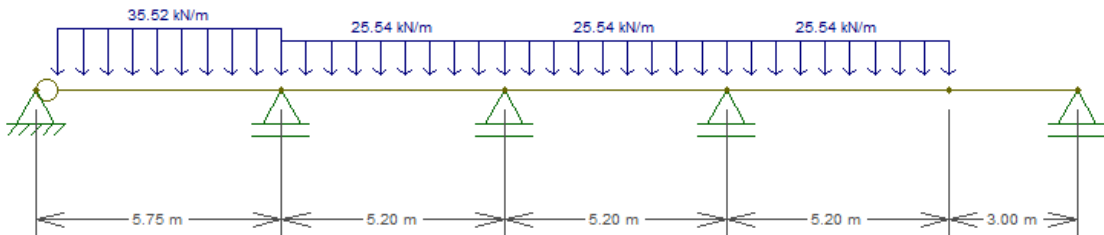
Viga n°5

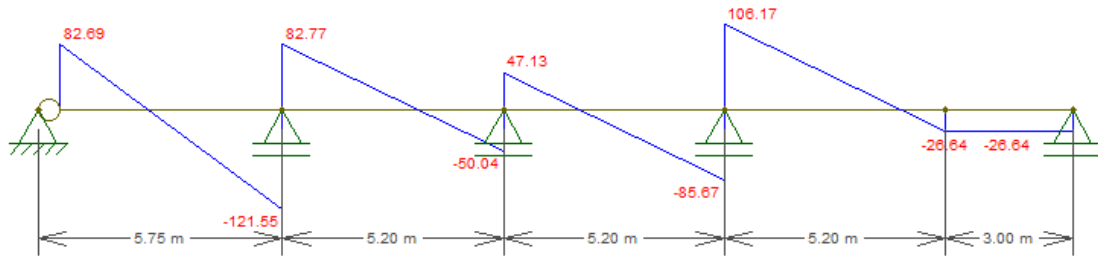
$$q_{tr1} = R_{y2}(L4) + R_{y1}(L5) = 17,76 \frac{KN}{m} + 17,64 \frac{KN}{m} = 35,40 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L9) + R_{y1}(L10) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L14) + R_{y1}(L15) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{y2}(L19) + R_{y1}(L20) = 12,77 \frac{KN}{m} + 12,77 \frac{KN}{m} = 25,54 \frac{KN}{m}$$





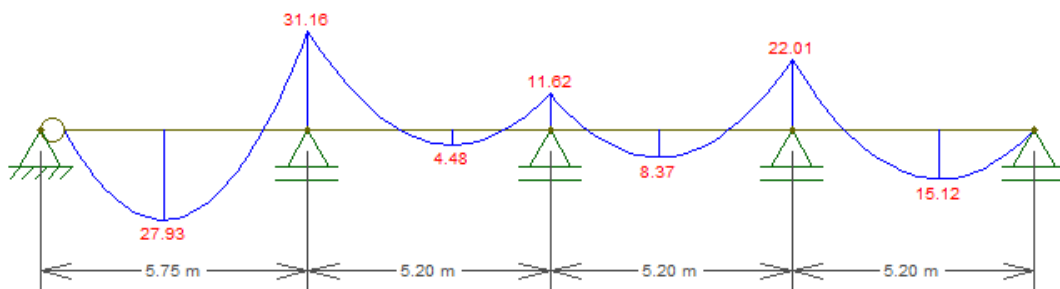
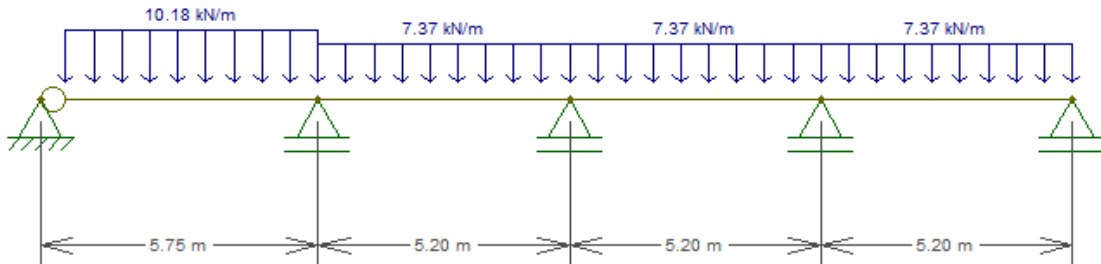
Viga n°6

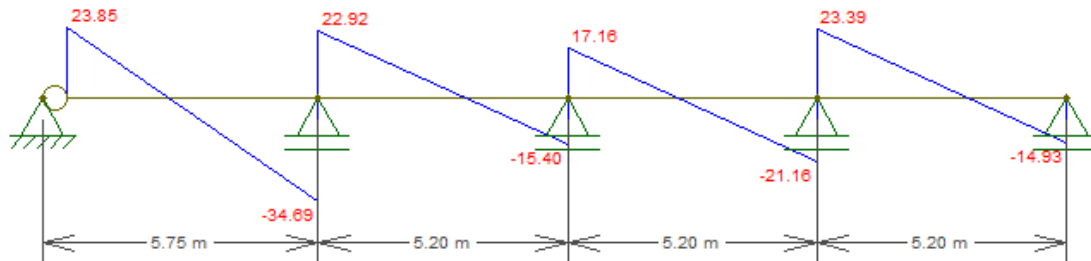
$$q_{tr1} = R_{y2}(L5) = 10,18 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L10) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L15) = 7,37 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{y2}(L20) = 7,37 \frac{KN}{m}$$





7.3.2 Solicitaciones de vigas de azotea

Las vigas se dimensionarán considerándolas como vigas continuas, debido a que mediante esta hipótesis de cálculo se obtendrán una mejor distribución de las solicitaciones de flexión, lo cual lleva a una reducción en la sección de acero a utilizar. A demás para considerar la peor condición de carga se utilizará como esfuerzo a soportar a las reacciones de las losas cruzadas anteriormente calculadas, las cuales fueron dimensionadas bajo la condición más desfavorable.

Para comenzar el desarrollo empezaremos a realizar el calculo de las transferencias de carga de las losas a las vigas ubicadas en forma paralela al eje X-X, y subsecuentemente las vigas paralelas al eje Y-Y. Posteriormente se calcularon las solicitaciones con el programa F-tool.

Las nomenclaturas de las vigas se pueden observar en el **plano n°12** del anexo

Dirección x –x

Viga n°1

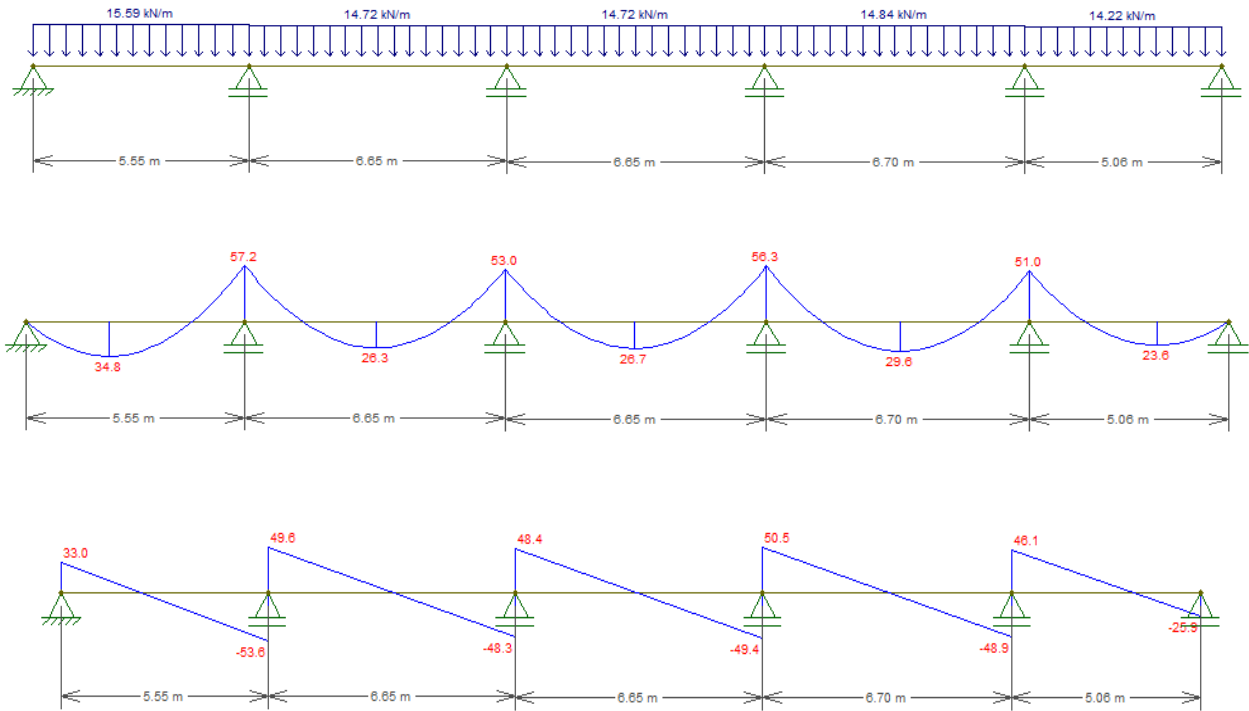
$$q_{tr1} = R_{x1}(L1) = 15,59 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x1}(L2) = 14,72 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x1}(L3) = 14,72 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x1}(L4) = 14,84 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x1}(L5) = 14,22 \frac{KN}{m}$$



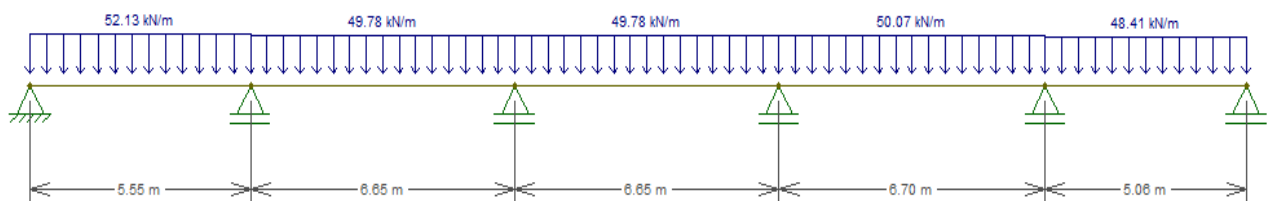
Viga n°2

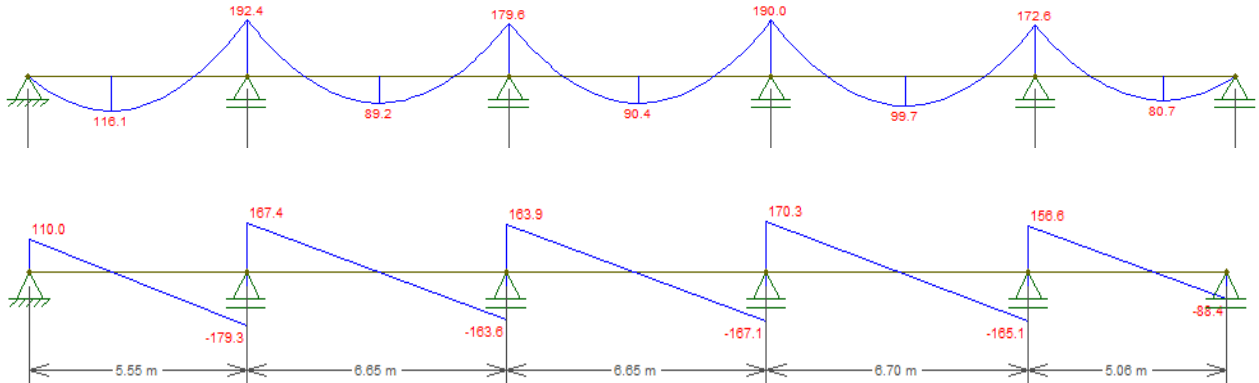
$$q_{tr1} = R_{x2}(L1) + R_{x1}(L6) = 26,98 \frac{KN}{m} + 25,15 \frac{KN}{m} = 52,13 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L2) + R_{x1}(L7) = 25,49 \frac{KN}{m} + 24,29 \frac{KN}{m} = 49,78 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L3) + R_{x1}(L8) = 25,49 \frac{KN}{m} + 24,29 \frac{KN}{m} = 49,78 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L4) + R_{x1}(L9) = 25,69 \frac{KN}{m} + 24,38 \frac{KN}{m} = 50,07 \frac{KN}{m}$$





Viga n°3, n°4 y n°5

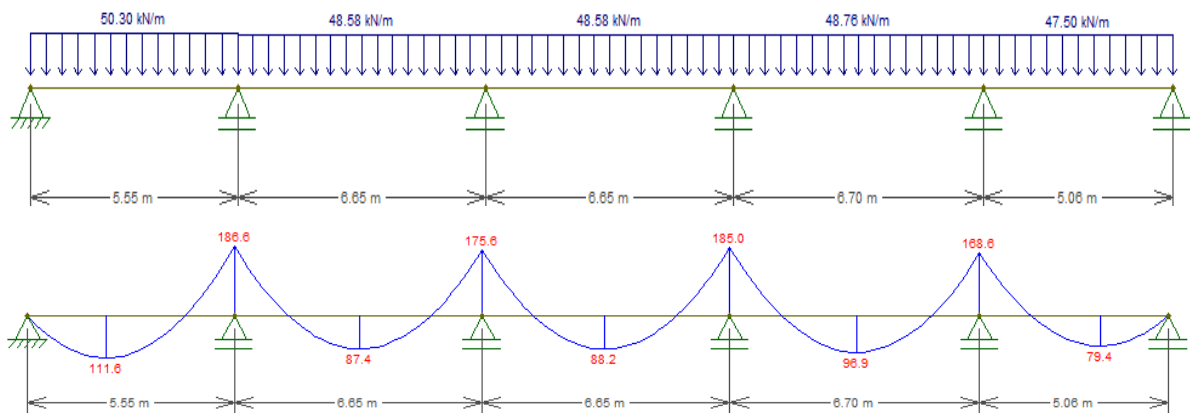
$$q_{tr1} = R_{x2}(L6) + R_{x1}(L11) = 25,15 \frac{KN}{m} + 25,15 \frac{KN}{m} = 50,30 \frac{KN}{m}$$

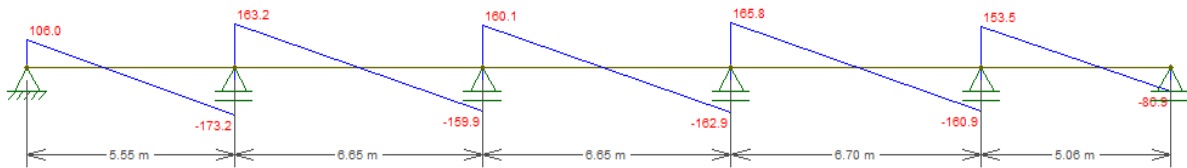
$$q_{tr2} = R_{x2}(L7) + R_{x1}(L12) = 24,29 \frac{KN}{m} + 24,29 \frac{KN}{m} = 48,58 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L8) + R_{x1}(L13) = 24,29 \frac{KN}{m} + 24,29 \frac{KN}{m} = 48,58 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L9) + R_{x1}(L14) = 24,38 \frac{KN}{m} + 24,38 \frac{KN}{m} = 48,76 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L10) + R_{x1}(L15) = 23,75 \frac{KN}{m} + 23,75 \frac{KN}{m} = 47,50 \frac{KN}{m}$$





Viga UV

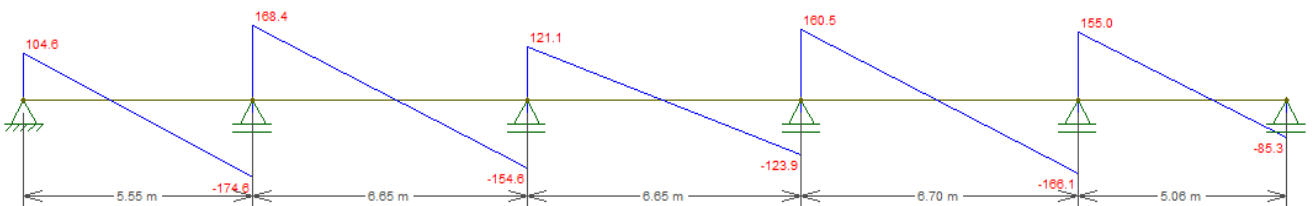
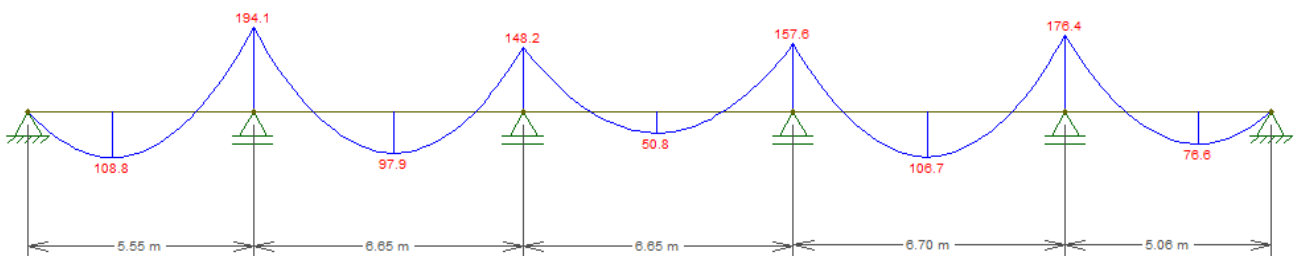
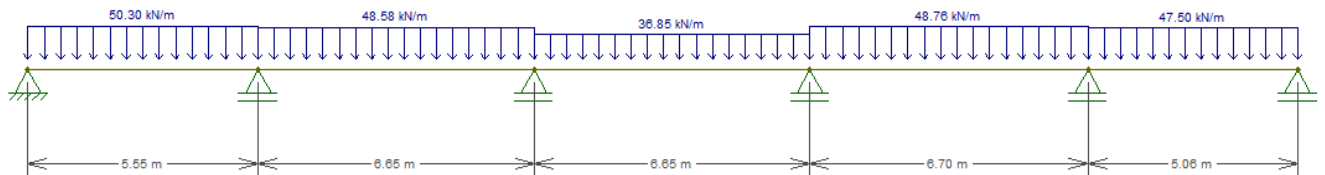
$$q_{tr1} = R_{x2}(L21) + R_{x1}(L26) = 25,15 \frac{KN}{m} + 25,15 \frac{KN}{m} = 50,30 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{x2}(L22) + R_{x1}(L27) = 24,29 \frac{KN}{m} + 24,29 \frac{KN}{m} = 48,58 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L23) + R_{x1}(L29) = 24,29 \frac{KN}{m} + 12,56 \frac{KN}{m} = 36,85 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L24) + R_{x1}(L30) = 24,38 \frac{KN}{m} + 24,38 \frac{KN}{m} = 48,76 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L25) + R_{x1}(L31) = 23,75 \frac{KN}{m} + 23,75 \frac{KN}{m} = 47,50 \frac{KN}{m}$$

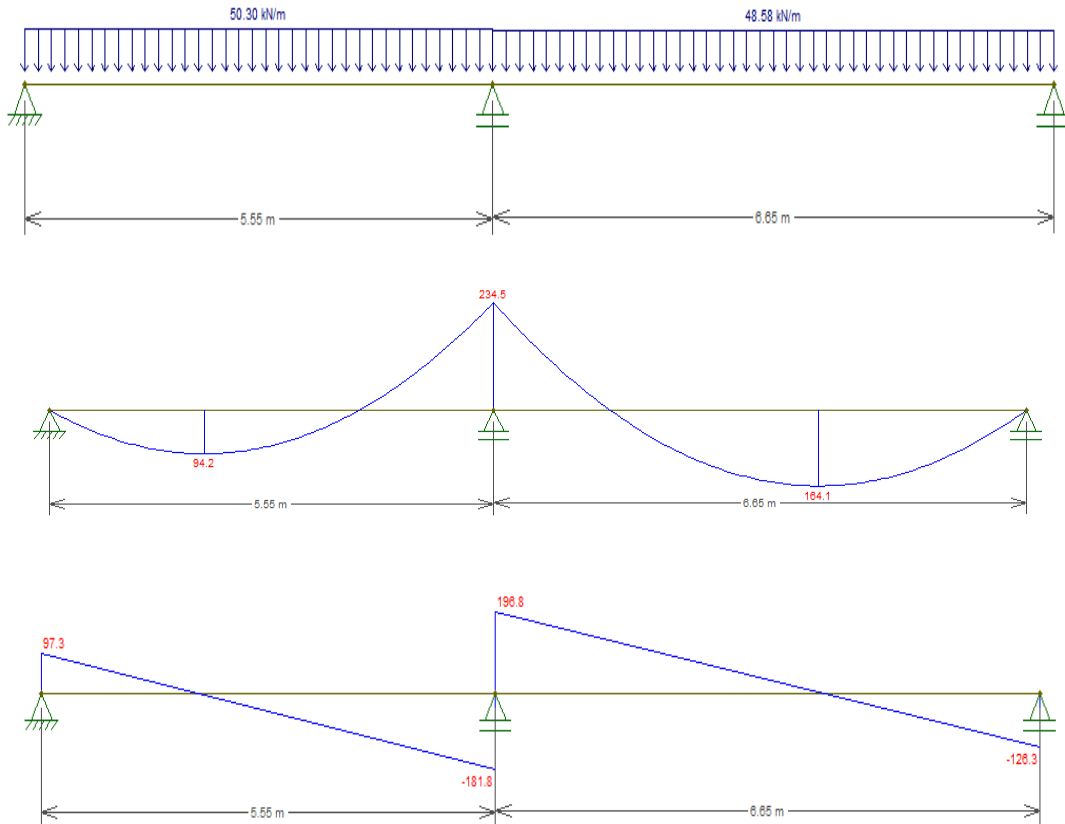




Viga n°7 tramo1

$$q_{tr1} = R_{x2}(L26) + R_{x1}(L32) = 25,15 \frac{KN}{m} + 25,15 \frac{KN}{m} = 50,30 \frac{KN}{m}$$

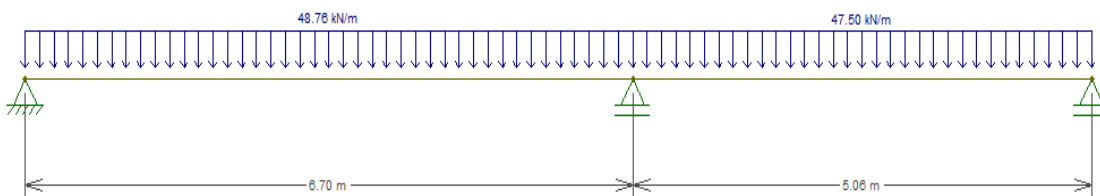
$$q_{tr2} = R_{x2}(L27) + R_{x1}(L33) = 24,29 \frac{KN}{m} + 24,29 \frac{KN}{m} = 48,58 \frac{KN}{m}$$

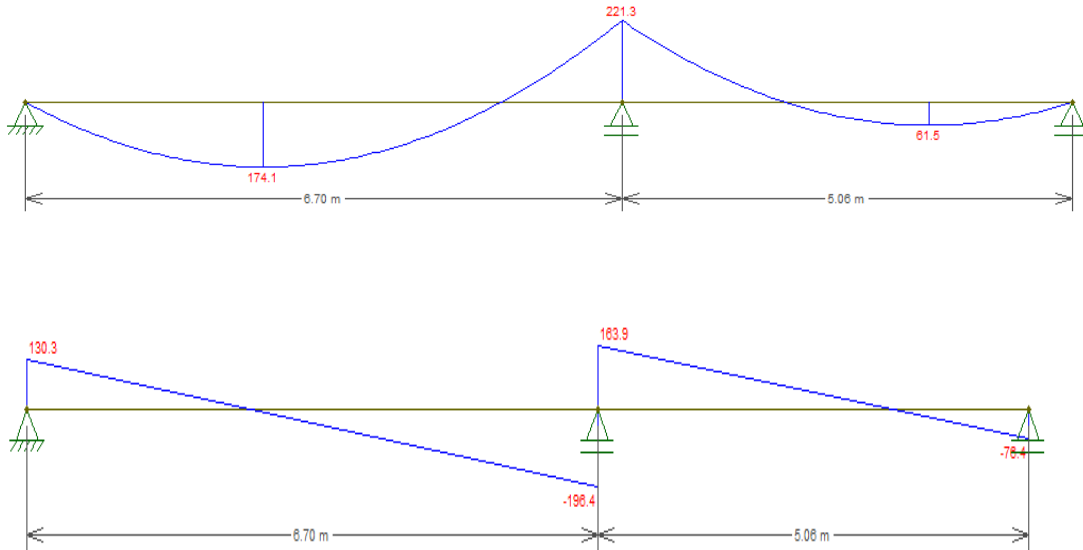


Viga n°7 tramo 2

$$q_{tr4} = R_{x2}(L30) + R_{x1}(L35) = 24,38 \frac{KN}{m} + 24,38 \frac{KN}{m} = 48,76 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L31) + R_{x1}(L36) = 23,75 \frac{KN}{m} + 23,75 \frac{KN}{m} = 47,50 \frac{KN}{m}$$





Viga N°10

$$q_{tr1} = R_{x1}(L34) = 13,45 \frac{KN}{m}$$

Viga n°8

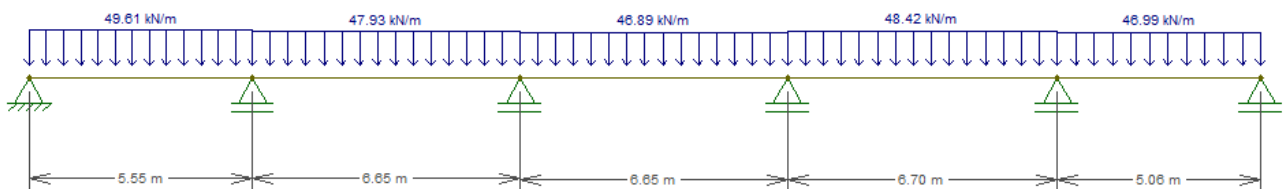
$$q_{tr1} = R_{x2}(L32) + R_{x1}(L37) = 25,15 \frac{KN}{m} + 24,46 \frac{KN}{m} = 49,61 \frac{KN}{m}$$

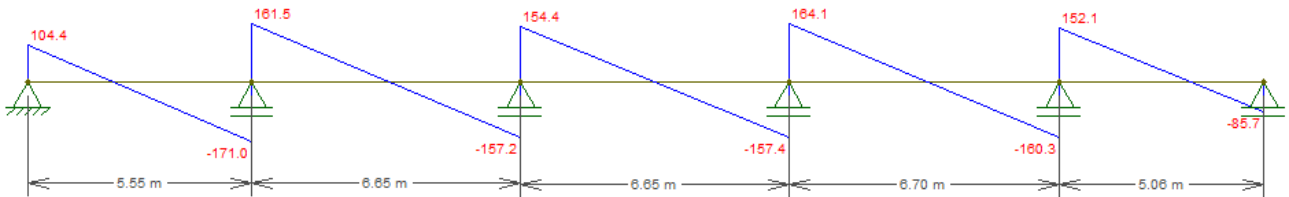
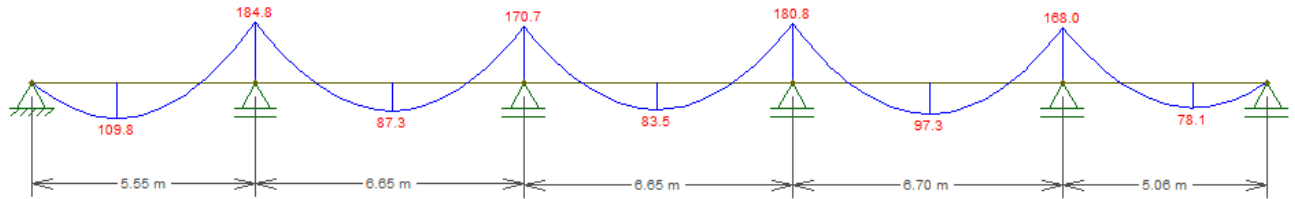
$$q_{tr2} = R_{x2}(L33) + R_{x1}(L38) = 24,29 \frac{KN}{m} + 23,64 \frac{KN}{m} = 47,93 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L34) + R_{x1}(L39) = 23,25 \frac{KN}{m} + 23,64 \frac{KN}{m} = 46,89 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L35) + R_{x1}(L40) = 24,38 \frac{KN}{m} + 24,04 \frac{KN}{m} = 48,42 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L36) + R_{x1}(L41) = 23,75 \frac{KN}{m} + 23,24 \frac{KN}{m} = 46,99 \frac{KN}{m}$$





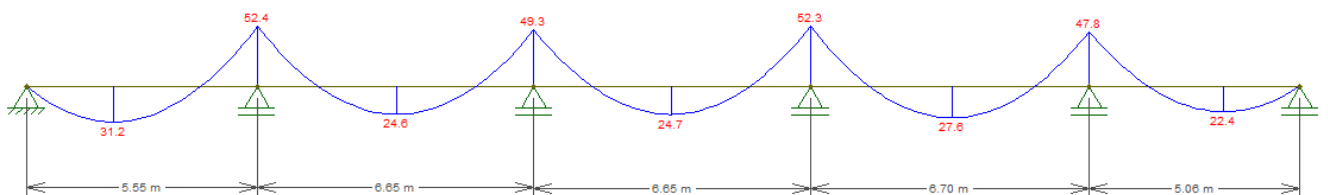
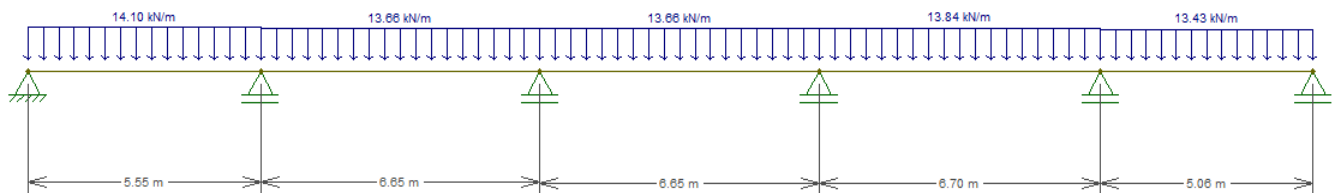
$$q_{tr1} = R_{x2}(L37) = 14,10 \frac{KN}{m}$$

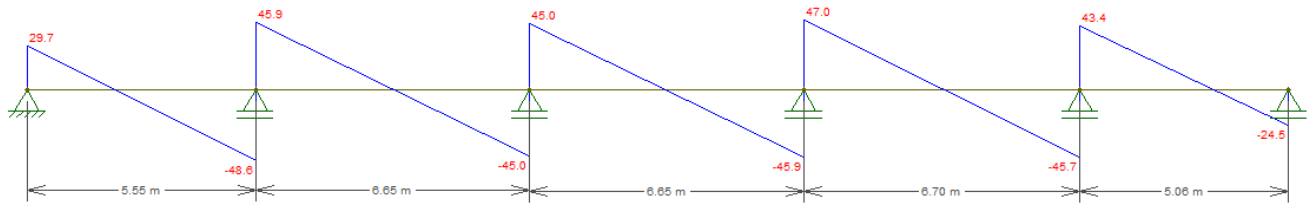
$$q_{tr2} = R_{x2}(L38) = 13,66 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{x2}(L39) = 13,66 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{x2}(L40) = 13,84 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{x2}(L41) = 13,43 \frac{KN}{m}$$





DIRECCION y- y

Viga n°1

$$q_{tr1} = R_{y1}(L1) = 16,11 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y1}(L6) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y1}(L11) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

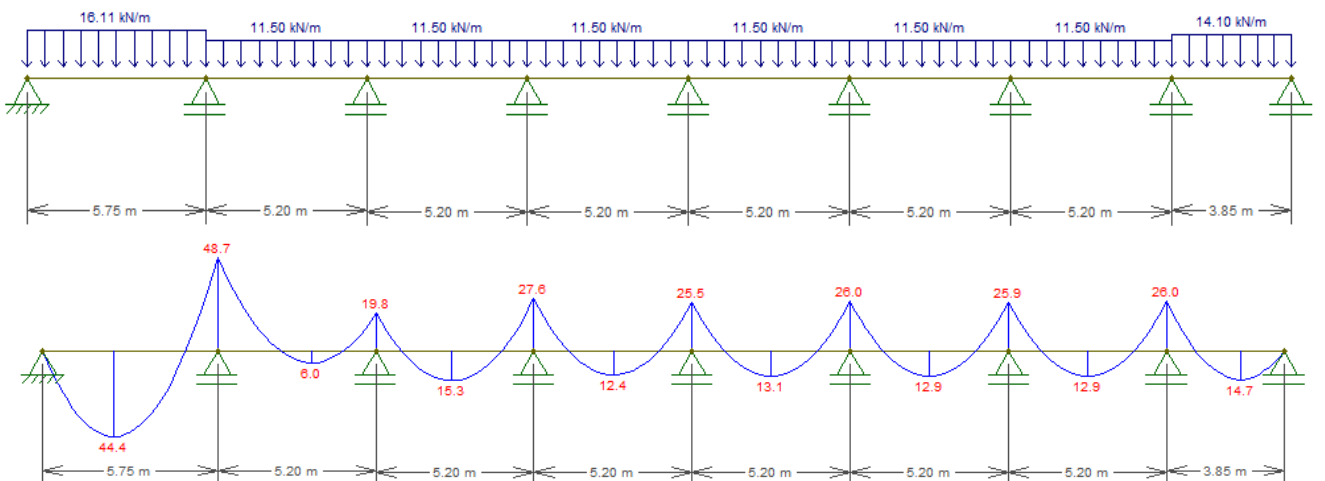
$$q_{tr4} = R_{y1}(L16) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

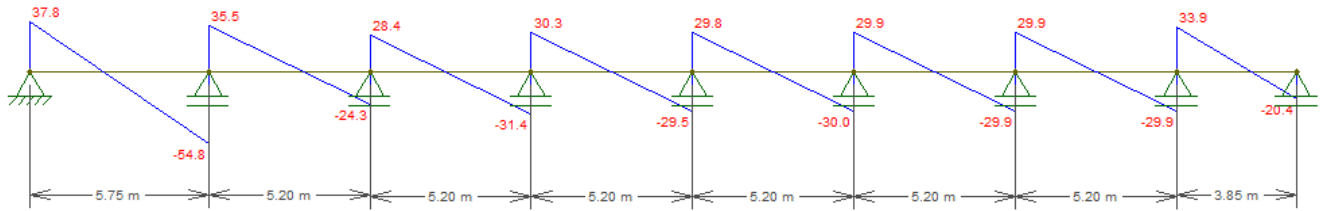
$$q_{tr5} = R_{y1}(L21) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y1}(L26) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y1}(L32) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y1}(L37) = 14,10 \frac{KN}{m}$$





$$q_{tr1} = R_{y2}(L1) + R_{y1}(L2) = 28,06 \frac{KN}{m} + 27,74 \frac{KN}{m} = 55,80 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L6) + R_{y1}(L7) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L11) + R_{y1}(L12) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

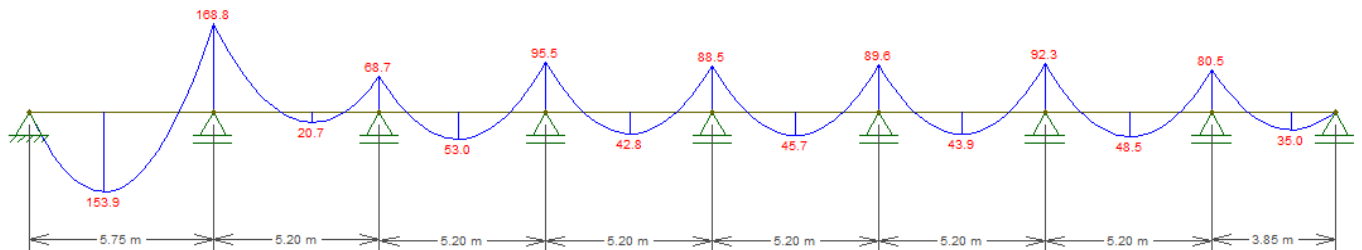
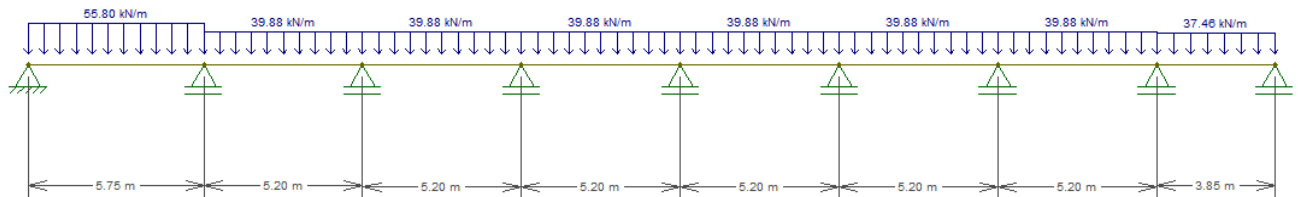
$$q_{tr4} = R_{y2}(L16) + R_{y1}(L17) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

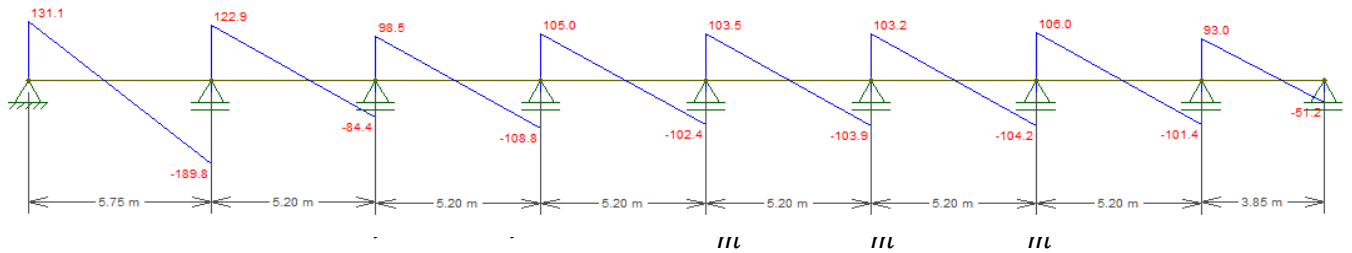
$$q_{tr5} = R_{y2}(L21) + R_{y1}(L22) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L26) + R_{y1}(L27) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y2}(L32) + R_{y1}(L33) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y2}(L37) + R_{y1}(L38) = 18,73 \frac{KN}{m} + 18,73 \frac{KN}{m} = 37,46 \frac{KN}{m}$$





$$q_{tr2} = R_{y2}(L7) + R_{y1}(L8) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L12) + R_{y1}(L13) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

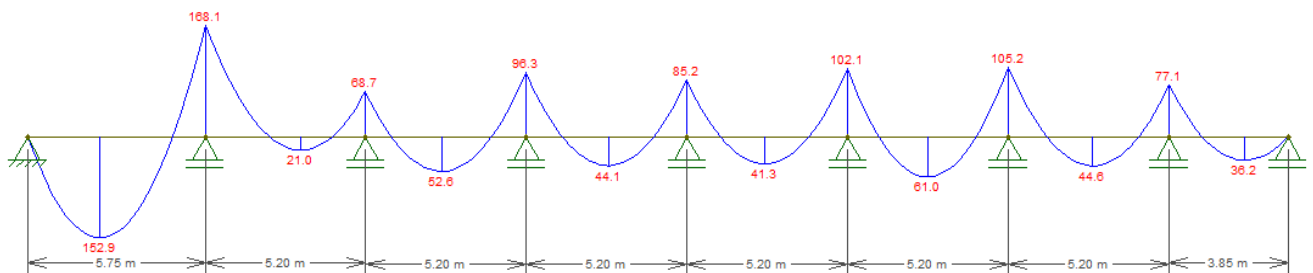
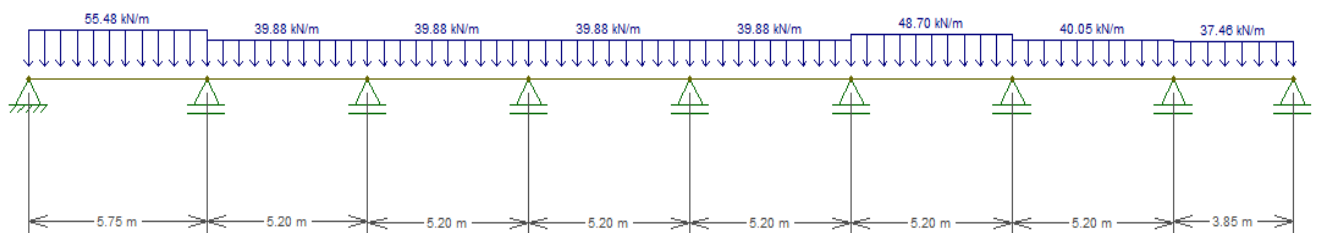
$$q_{tr4} = R_{y2}(L17) + R_{y1}(L18) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

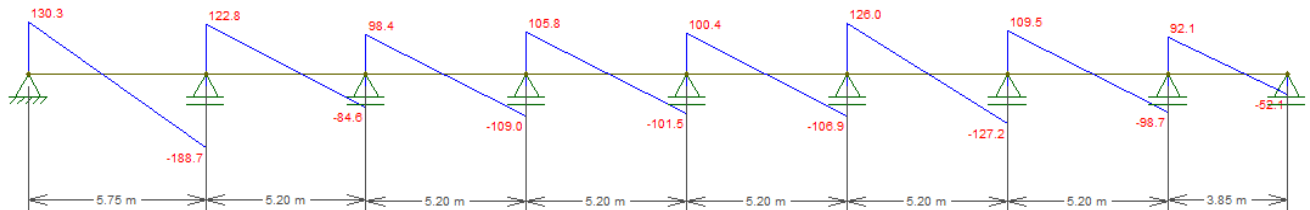
$$q_{tr5} = R_{y2}(L22) + R_{y1}(L23) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L27) + R_{y1}(L28) = 19,94 \frac{KN}{m} + 28,76 \frac{KN}{m} = 48,70 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y2}(L33) + R_{y1}(L34) = 19,94 \frac{KN}{m} + 20,11 \frac{KN}{m} = 40,05 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y2}(L38) + R_{y1}(L39) = 18,73 \frac{KN}{m} + 18,73 \frac{KN}{m} = 37,46 \frac{KN}{m}$$





Viga B

$$q_{tr1} = R_{y2}(L28) + R_{y1}(L29) = 17,26 \frac{KN}{m} + 7,63 \frac{KN}{m} = 24,89 \frac{KN}{m}$$

Viga n°4

$$q_{tr1} = R_{y2}(L3) + R_{y1}(L4) = 27,74 \frac{KN}{m} + 27,74 \frac{KN}{m} = 55,48 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L8) + R_{y1}(L9) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L13) + R_{y1}(L14) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

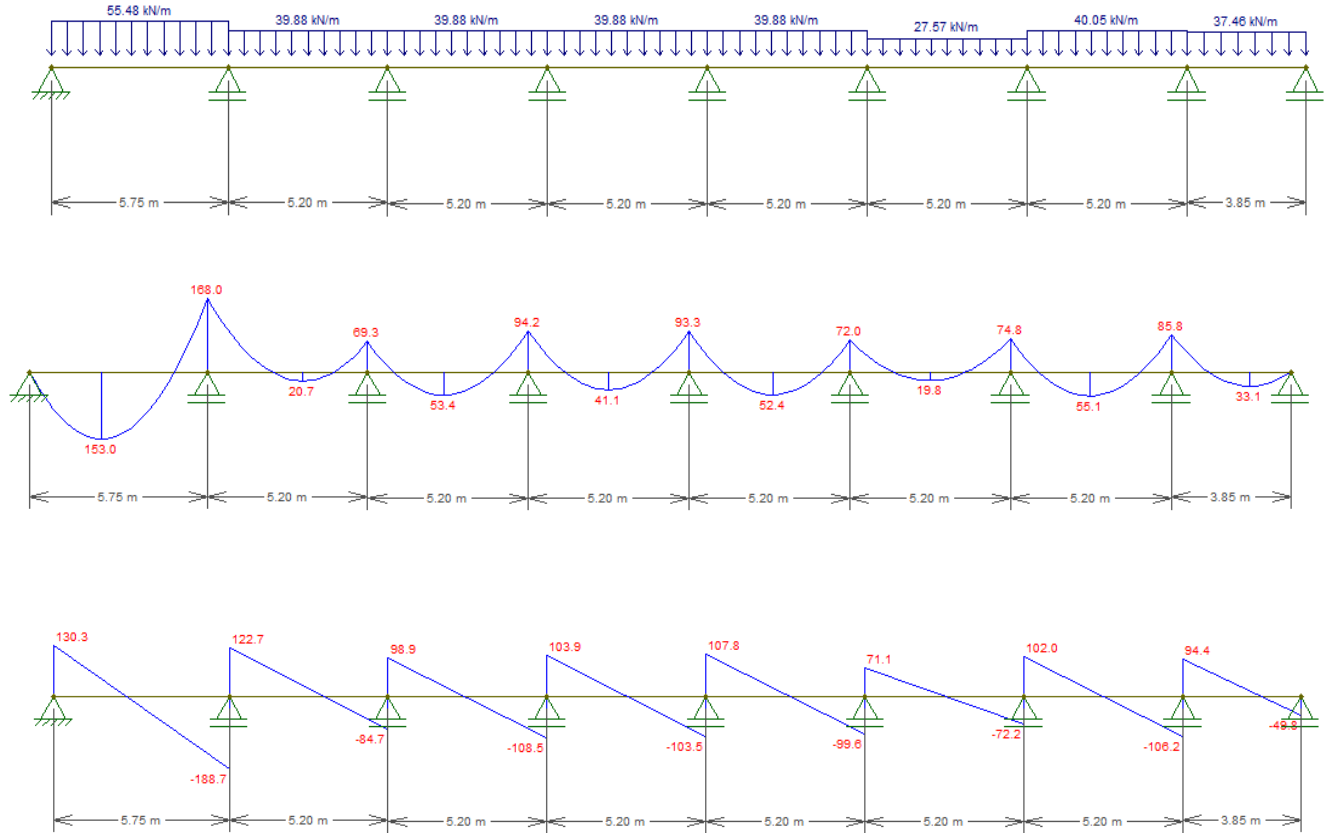
$$q_{tr4} = R_{y2}(L18) + R_{y1}(L19) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr5} = R_{y2}(L23) + R_{y1}(L24) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L29) + R_{y1}(L30) = 7,63 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 27,57 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y2}(L34) + R_{y1}(L35) = 20,11 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 40,05 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y2}(L39) + R_{y1}(L40) = 18,73 \frac{KN}{m} + 18,73 \frac{KN}{m} = 37,46 \frac{KN}{m}$$



Viga n°5

$$q_{tr1} = R_{y2}(L4) + R_{y1}(L5) = 27,74 \frac{KN}{m} + 27,56 \frac{KN}{m} = 55,30 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L9) + R_{y1}(L10) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L14) + R_{y1}(L15) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{y2}(L19) + R_{y1}(L20) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

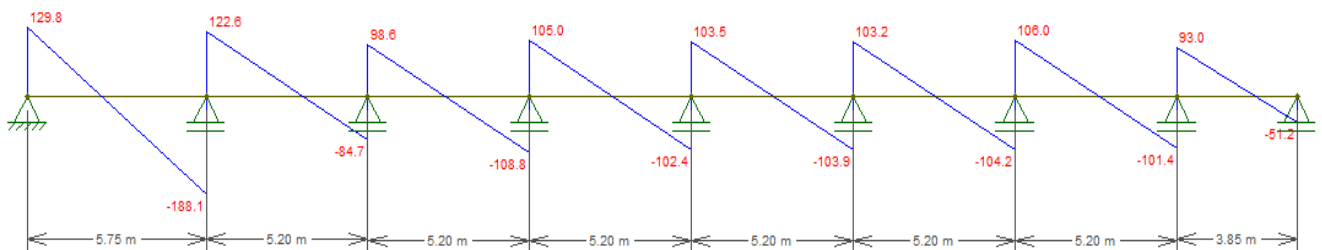
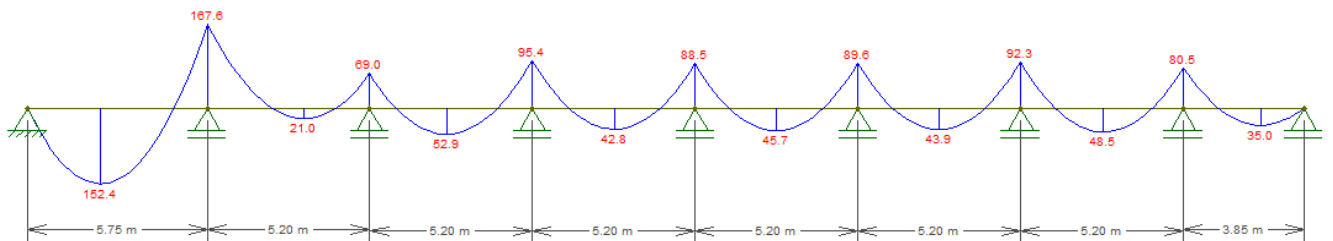
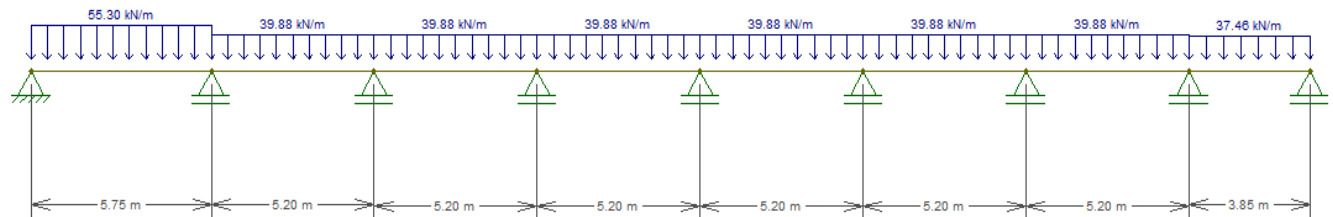
$$q_{tr5} = R_{y2}(L24) + R_{y1}(L25) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L30) + R_{y1}(L31) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$



$$q_{tr7} = R_{y2}(L35) + R_{y1}(L36) = 19,94 \frac{KN}{m} + 19,94 \frac{KN}{m} = 39,88 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{y2}(L40) + R_{y1}(L41) = 18,73 \frac{KN}{m} + 18,73 \frac{KN}{m} = 37,46 \frac{KN}{m}$$



Viga n°6

$$q_{tr1} = R_{y2}(L5) = 15,90 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr2} = R_{y2}(L10) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr3} = R_{y2}(L15) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr4} = R_{y2}(L20) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

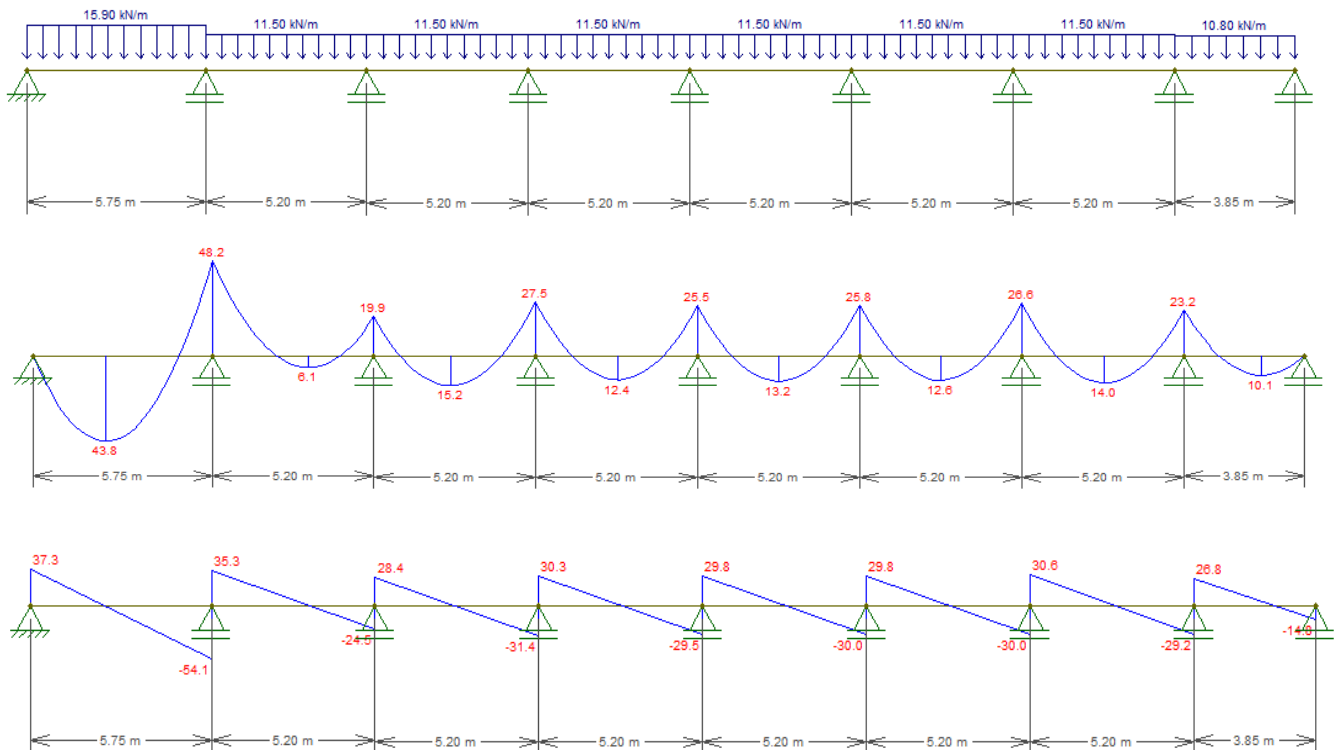


$$q_{tr5} = R_{y2}(L25) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr6} = R_{y2}(L31) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr7} = R_{y2}(L36) = 11,50 \frac{KN}{m}$$

$$q_{tr8} = R_{v2}(L41) = 10,80 \frac{KN}{m}$$



7.3.3 Dimensionamiento de vigas de planta tipo

Dirección x –x

El dimensionado de las vigas se realiza de acuerdo a las solicitaciones halladas anteriormente para vigas de planta tipo. Se observa a continuación el cálculo de la viga n°1, los cálculos de las restantes vigas pueden verse en el anexo.

Viga n°1

Se adopta una viga de sección rectangular de dimensiones 15/50:

$$b_w = 15 \text{ cm}$$

Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-tabla2.5)



$$h = 50 \text{ cm}$$

Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)

*Sección rectangular tramo 1:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{22,30 \text{ KNm}}{0,90} = 24,80 \text{ KNm} = 0,0248 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0248 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 1,14$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0248 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 1,3 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 3\emptyset 8 \text{ mm} (As = 1,50 \text{ cm}^2)$$

*Apoyo 1:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{36,63 \text{ KNm}}{0,90} = 40,7 \text{ KNm} = 0,0707 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0707 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 0,677$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0707 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 3,77 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 4\emptyset 12 \text{ mm} (As = 4,52 \text{ cm}^2)$$

Esta armadura se coloca arriba

*Sección tramo 2:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{16,82 \text{ KNm}}{0,90} = 18,7 \text{ KNm} = 0,0187 \text{ MNm}$$



$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0187 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 1,32$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0187 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 1 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 2\emptyset 8 \text{ mm} \text{ (} As = 1,01 \text{ cm}^2 \text{)}$$

*Apoyo 2:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{33,90 \text{ KNm}}{0,90} = 37,67 \text{ KNm} = 0,03767 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,03767 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 0,93$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0376 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 2 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 4\emptyset 8 \text{ mm} \text{ (} As = 2,01 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Esta armadura se coloca arriba

*Sección tramo 3:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{17,09 \text{ KNm}}{0,90} = 19 \text{ KNm} = 0,019 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,019 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 1,31$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:



$$K_e = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,019 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 1 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 2\emptyset 8\text{mm} \text{ (} A_s = 1,01 \text{ cm}^2 \text{)}$$

*Apoyo 3:

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{36,07 \text{ KNm}}{0,90} = 40,1 \text{ KNm} = 0,0401 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0401 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 0,89$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0401 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 2,1 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 4\emptyset 8\text{mm} \text{ (} A_s = 2,01 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Esta armadura se coloca arriba

*Sección tramo 4:

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{18,99 \text{ KNm}}{0,90} = 21,1 \text{ KNm} = 0,0211 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0211 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 1,24$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0211 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 1,1 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 2\emptyset 8\text{mm} \text{ (} A_s = 1,01 \text{ cm}^2 \text{)}$$

*Apoyo 4:



$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{32,58 \text{ KNm}}{0,90} = 36,02 \text{ KNm} = 0,03602 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,03602 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 0,95$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,03602 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 1,92 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 4\emptyset 8\text{mm} (As = 2,01 \text{ cm}^2)$$

Esta armadura se coloca arriba

*Sección tramo 5:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{15,01 \text{ KNm}}{0,90} = 16,68 \text{ KNm} = 0,01668 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,01668 \text{ MNm}}{0,15 \text{ m}}}} = 1,39$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0166 \text{ MNm} / \text{m}}{0,465 \text{ m}} = 0,9 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 2\emptyset 8\text{mm} (As = 1,01 \text{ cm}^2)$$

Verificación por resistencia de corte: Si $Vu \geq \phi * Vc \rightarrow \text{colocar armadura de corte}$

Viga n°1

*Extremo izquierdo: apoyo directo

$$Vu(x = d) = Vumáx - qu * \frac{b + h}{2} = 21,1 \text{ KN} - 9,98 \frac{\text{KN}}{\text{m}} * \left(0,10 + \frac{0,50}{2} \right) \text{ m} = 17,61 \text{ KN}$$



$$V_c = \frac{1}{6} * \sqrt{f_c'} * b_w * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 0,15 * 0,465 = 0,0637MN = 63,67 KN$$

→ Resistencia del hormigón al corte

$$\phi * V_c = 0,75 * 63,67 KN = 47,75KN$$

Como $V_u = 17,61 KN < \phi * V_c = 47,75 KN$ → No necesita armadura de corte

*Apoyo 3: apoyo indirecto. Se elije este apoyo ya que es el más solicitado para las cargas que producen corte en la Viga N°1, se verifica si necesita o no colocar armadura de corte.

$V_{um\acute{a}x} = 31,30KN$ (lado derecho)

$$V_c = \frac{1}{6} * \sqrt{f_c'} * b_w * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 0,15 * 0,465 = 0,0637MN = 63,67 KN$$

→ Resistencia del hormigón al corte

$$\phi * V_c = 0,75 * 63,67 KN = 47,75KN$$

Como $V_{um\acute{a}x} = 31,30 KN < \phi * V_c = 47,75 KN$ → No necesita armadura de corte

$V_{um\acute{a}x} = 32,35KN$ (lado izquierdo)

$$V_c = \frac{1}{6} * \sqrt{f_c'} * b_w * d = \frac{1}{6} * \sqrt{30} * 0,15 * 0,465 = 0,0637MN = 63,67 KN$$

→ Resistencia del hormigón al corte

$$\phi * V_c = 0,75 * 63,67 KN = 47,75KN$$

Como $V_{um\acute{a}x} = 32,35 KN < \phi * V_c = 47,75 KN$ → No necesita armadura de corte

7.3.4 Dimensionamiento de vigas de azotea

Dirección x –x

Se procede al dimensionado por resistencia a flexión de las vigas de azotea de acuerdo a las solicitaciones calculadas anteriormente. Se observa a continuación el cálculo de la viga n°1 y viga n°6. El dimensionado de las restantes vigas puede verse en el anexo.

Viga n°1:

Se dimensiono como viga rectangular de dimensiones 20/50:

$$b_w = 20 cm$$

$$h = 50 cm$$

Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-tabla2.5)

Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)



*Sección rectangular para los tramos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $M_u=34,8$ KNm

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{34,8 \text{ KNm}}{0,90} = 38,7 \text{ KNm} = 0,0387 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50\text{cm} - \text{recubrimiento} = 50\text{cm} - 3,5\text{cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0387 \text{ MNm}}{0,20 \text{ m}}}} = 1,05$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,301 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,301 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0387 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 2,02 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 3\phi 10\text{mm} (A_s = 2,4 \text{ cm}^2)$$

*Para los apoyos: se adopto el momento máximo $M_u= 57,2$ KNm para el cálculo.

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{57,2 \text{ KNm}}{0,90} = 63,6 \text{ KNm} = 0,0636 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50\text{cm} - \text{recubrimiento} = 50\text{cm} - 3,5\text{cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0636 \text{ MNm}}{0,20 \text{ m}}}} = 0,82$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0636 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 3,4 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 3\phi 12\text{mm} (A_s = 3,4 \text{ cm}^2) \rightarrow \text{esta armadura se coloca arriba}$$

Se tomo la misma cuantía para todos los tramos ($3\phi 10\text{mm}$) de la viga y para los apoyos ($3\phi 12\text{mm}$), ya que al considerar el momento máximo tanto para el tramo como para el apoyo se cubre los momentos solicitados de toda la viga.

Viga n°6:

Se adopto en la zona de apoyos secciones rectangulares de dimensiones 20/50:



$$b_w = 20 \text{ cm}$$
$$h = 50 \text{ cm}$$

Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-tabla2.5)
Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)

Para la zona de los tramos de la viga se consideró una sección T viga placa (ver gráfico n°20), debido a que posee elevados valores de momento, ya que las cargas que presenta la losa de azotea son elevadas. Con esto se busca reducir tanto la cuantía de acero como la altura de la viga.

*Sección T para los tramos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $M_u=108,8\text{KNm}$

a) Cálculo del ancho efectivo b :

Según la CIRSOC 201-2005, capítulo 8.10.2, se debe cumplir que el **ancho de losa b** , que se considera efectivo como ala de una **viga T**, debe ser igual o menor que **1/4 de la luz de la viga**, y el **ancho efectivo del ala**, a cada lado del alma debe ser: ≤ 8 veces el espesor de la losa, $\leq 1/2$ de la distancia libre al alma de la viga adyacente. Es decir:

1) $b \leq \text{Luz de la viga} / 4$

2) A cada lado del nervio se tendrá que $b_e = \text{mínimo} (8 \cdot hf ; \frac{1}{2} \text{ distancia libre al alma de la viga adyacente})$

Siendo: $b = b_w$ (ancho del alma) + b_e (losa izquierda) + b_e (losa derecha)

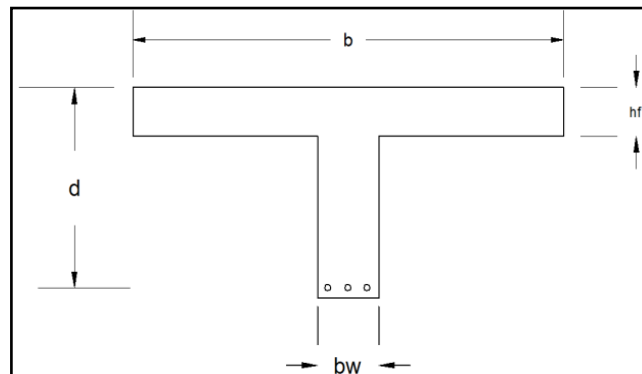


Gráfico n°20.Sección transversal de viga placa
(fuente: elaboración propia)

$$b \leq \frac{550\text{cm}}{4} = 137,5\text{cm} = 1,375\text{m}$$

$$b_e = \text{mínimo entre} \left(8 * hf; \frac{1}{2} \text{ distancia libre al alma de la viga adyacente} \right) =$$
$$= \left(8 * 0,15 = 1,20\text{m}; \frac{1}{2} * 5,2\text{m} = 2,6\text{m} \right) \rightarrow \text{adopto } b_e = 1,20\text{m}$$



$$b \leq bw + be(\text{losa izquierda}) + be(\text{losa derecha}) = 0,20m + \left(\frac{1}{2} * (2,6 - 0,20)\right) + \left(\frac{1}{2} * (2,6 - 0,20)\right) = 2,6m$$

Se adopto como ancho de colaboración $b = 1,375m$

b) Cálculo de la resistencia nominal:

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{108,8KNm}{0,90} = 120,9 KNm = 0,121 MNm$$

$$h = 50 cm \rightarrow d = 50cm - \text{recubrimiento} = 50cm - 3,5cm = 46,5 cm$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 m}{\sqrt{\frac{0,121 MNm}{1,37 m}}} = 1,6$$

Determino de Tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 24,301 cm^2/MN$$

$$Kc = 0,048 \rightarrow c = ke * d = 0,048 * 46,5cm = 2,232cm$$

$$c = 2,232cm \leq hf = 15cm$$

\rightarrow el eje neutro se encuentra dentro de la losa, por lo que se puede analizar como viga rectangular de ancho b

$$As = Ke * \frac{Mn (MNm)}{d (m)} = 24,301 \frac{cm^2}{MN} * \frac{0,121 MNm / m}{0,465 m} = 6,32cm^2 \rightarrow \text{Adopto } 2\emptyset 20mm \text{ (} As = 6,3 cm^2 \text{)}$$

*Sección rectangular para los apoyos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $Mu=194,1KNm$

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{194,1 KNm}{0,90} = 215,7 KNm \cong 0,216 MNm$$

$$h = 50 cm \rightarrow d = 50cm - \text{recubrimiento} = 50cm - 3,5cm = 46,5 cm$$

$$Kd = \frac{d}{\sqrt{\frac{Mn}{bw}}} = \frac{0,465 m}{\sqrt{\frac{0,216 MNm}{0,20 m}}} = 0,45$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:



$$K_e = 26,758 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 26,758 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,216 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 12,43 \text{ cm}^2$$

→ Adopto $3\emptyset 20\text{mm} + 2\emptyset 16\text{mm}$ ($A_s = 13,44 \text{ cm}^2$) Esta armadura se coloca arriba

Se tomó la misma cuantía para todos los tramos ($2\emptyset 20\text{mm}$) de la viga y para los apoyos ($3\emptyset 20\text{mm} + 2\emptyset 16\text{mm}$), ya que al considerar el momento máximo tanto para el tramo como para el apoyo se cubre los momentos solicitados para toda la viga.

La viga n°6 es la más solicitada, se optó por cubrir con la misma cuantía de dicha viga, las vigas n°2, n°3, n°4, n°5 y n°8 debido a que poseen similares valores de momentos en los apoyos (valor máximo que ronda los 180 KNm) y en los tramos (ronda como máximo los 105KNm), es por esto que se dimensiono solo la viga n°6 y se considero uniformizar las armaduras para las vigas mencionadas anteriormente. Cabe aclarar que estas vigas corresponden para el sentido x-x.

Dirección y - y

Viga n°1

Se dimensiono como viga rectangular de dimensiones 20/50:

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-tabla2.5)

Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)

*Sección rectangular para los tramos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $M_u = 44,4 \text{ KNm}$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{44,4 \text{ KNm}}{0,90} = 49,3 \text{ KNm} = 0,0493 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{b_w}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0493 \text{ MNm}}{0,20 \text{ m}}}} = 0,94$$

Determino de tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0493 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 2,63 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 3\emptyset 12\text{mm} (A_s = 3,4 \text{ cm}^2)$$



* Sección rectangular para los apoyos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $M_u=48,7\text{KNm}$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{48,7 \text{ KNm}}{0,90} = 54,1\text{KNm} = 0,0541 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50\text{cm} - \text{recubrimiento} = 50\text{cm} - 3,5\text{cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{b_w}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,0541 \text{ MNm}}{0,20 \text{ m}}}} = 0,89$$

Determino de tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 24,766 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 24,766 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,0541 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 2,9\text{cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 3\phi 12\text{mm} (A_s = 3,4\text{cm}^2) \rightarrow \text{esta armadura se coloca arriba}$$

Se tomo la misma cuantía para todos los tramos ($3\phi 12\text{mm}$) de la viga y para los apoyos ($3\phi 12\text{mm}$), ya que al considerar el momento máximo tanto para el tramo como para el apoyo se cubre los momentos solicitados para toda la viga.

El dimensionamiento de la viga n°1 es igual al de la viga n°6 debido a que posee similares valores de momentos tanto para los apoyos como para los tramos.

Viga n°2

Se dimensiono como viga rectangular de dimensiones 20/50:

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

Tipo de hormigón: H-30 (Adopción según CIRSOC 201-tabla2.5)

Acero: ADN 420 (Adopción según CIRSOC 3.6.1)

*Sección rectangular para los tramos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $M_u=153,9\text{KNm}$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{153,9 \text{ KNm}}{0,90} = 171 \text{ KNm} = 0,171 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50\text{cm} - \text{recubrimiento} = 50\text{cm} - 3,5\text{cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{b_w}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,171 \text{ MNm}}{0,20 \text{ m}}}} = 0,50$$



Determino de tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 26,021 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 26,021 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,171 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 9,6 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 2\emptyset 16 \text{ mm} + 2\emptyset 20 \text{ mm} (A_s = 10,3 \text{ cm}^2)$$

* Sección rectangular para los apoyos: el momento máximo adoptado para el cálculo es $M_u = 168,8 \text{ KNm}$

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} = \frac{168,8 \text{ KNm}}{0,90} = 187,6 \text{ KNm} = 0,1876 \text{ MNm}$$

$$h = 50 \text{ cm} \rightarrow d = 50 \text{ cm} - \text{recubrimiento} = 50 \text{ cm} - 3,5 \text{ cm} = 46,5 \text{ cm}$$

$$K_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_n}{bw}}} = \frac{0,465 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,1876 \text{ MNm}}{0,20 \text{ m}}}} = 0,48$$

Determino de tabla de flexión con el valor del K_d y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$K_e = 26,399 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$A_s = K_e * \frac{M_n (\text{MNm})}{d (m)} = 26,399 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,1876 \text{ MNm}}{0,465 \text{ m}} = 10,7 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Adopto } 3\emptyset 16 \text{ mm} + 2\emptyset 20 \text{ mm} (A_s = 12,31 \text{ cm}^2)$$

Se tomo la misma cuantía para todos los tramos ($2\emptyset 16 \text{ mm} + 2\emptyset 20 \text{ mm}$) de la viga y para los apoyos ($3\emptyset 16 \text{ mm} + 2\emptyset 20 \text{ mm}$), ya que al considerar el momento máximo tanto para el tramo como para el apoyo se cubre los momentos solicitados para toda la viga.

El dimensionamiento de la viga n°2 es igual al de la viga n°3, n°4 y n°5 debido a que posee similares valores de momentos tanto para los apoyos como para los tramos.

7.4.4 Cálculo de columnas

Para el cálculo de las columnas que conforman la estructura del edificio de estacionamiento, se consideró la situación más desfavorable, por lo que se identifico las columnas con cargas más elevadas, calculándose cada columna según su ubicación, es decir se tomo una columna interna, una columna de borde y una columna de esquina, para los distintos niveles. Las nomenclaturas de las columnas pueden verse en el **plano n°11** del anexo Se observa a continuación el cálculo de la columna centrada n°10, el cálculo de las restantes columnas puede verse en el anexo.



7.4.5 Cálculo de columna centrada n°10 (C10)

a) Segundo piso

Solicitaciones

Se consideró como carga de diseño la más elevada para dimensionar la columna interna (indicada como columna 10 en el plano de estructura), razón por la cual es la situación más desfavorable. Para el segundo piso, las solicitaciones son:

Carga

$P_u = \text{Reacción de viga}_{2-x-x} (\text{apoyo4}) + \text{Reacción de viga}_{4-y-y} (\text{apoyo2})$

$$P_u = 337,4KN + 311,4 KN = 648,8KN \approx 64,9tn$$

Momentos

Trasmitida por la viga 4 (y-y) tenemos en los tramos:

$$\text{Tramo1: } qu \text{ tramo1} = \frac{55,48KN}{m} \rightarrow Mu \ t1 = \frac{(qu * l^2)}{12} = \frac{55,48KN * 5,75m^2}{12} = 152,9KNm$$

$$\text{Tramo2: } qu \text{ tramo2} = \frac{39,88KN}{m} \rightarrow Mu \ t2 = \frac{(qu * l^2)}{12} = \frac{39,88KN * 5,20m^2}{12} = 89,9KNm$$

$$M_e = Mu \ t1 - Mu \ t2 = (152,9 - 89,9)KNm = 63KNm$$

Ahora hay que evaluar qué porcentaje se transmite a cada elemento que llega al nudo. Para esto se analizó las características geométricas de las columnas y vigas que llegan al nudo.

Columna: 2° piso. Se adoptó una sección de (20cm * 30cm)

$$A_g = 600cm^2$$

$$I_g = 45.000cm^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 31.500cm^4$$

Columna: 1° piso. Se adoptó una sección de (20cm * 30cm)

$$A_g = 600cm^2$$

$$I_g = 45.000cm^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 31.500cm^4$$

Viga: Se adoptó una sección de (20cm * 50cm)

$$A_g = 1.000cm^2$$



$$I_g = 208.333,33 \text{ cm}^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,35 = 72.916,67 \text{ cm}^4$$

Para el segundo piso será que la altura de columna ($h_s=0$) por no haber una columna superior.

$$C_s = \frac{l_v \times I_s}{h_s \times I_v} = 0$$

$$C_i = \frac{l_v \times I_c}{h_c \times I_v} = \frac{575 \text{ cm} \times 45.000 \text{ cm}^4}{290 \text{ cm} \times 208.333,3 \text{ cm}^4} + \frac{520 \text{ cm} \times 45.000 \text{ cm}^4}{290 \text{ cm} \times 208.333,33 \text{ cm}^4} = 0,82$$

$$M_r = \frac{M_e \times (C_s + C_i)}{(1 + C_s + C_i)} = \frac{63 \text{ kNm} \times (0 + 0,82)}{(1 + 0,82 + 0)} = 28,38 \text{ kNm}$$

Momento en la cabeza de la columna:

$$M_s = \frac{M_r \times C_i}{C_s + C_i} = \frac{28,38 \text{ kNm} \times 0,82}{0,82} = \mathbf{28,38 \text{ kNm}}$$

Momento en el pie de la columna:

$$\frac{M_s}{2} = \frac{28,38 \text{ kNm}}{2} = \mathbf{14,19 \text{ kNm}}$$

Grado de esbeltez:

$$\psi_A = \frac{\frac{\sum EI}{L_c}}{\frac{\sum EI}{L_v}} = \frac{\frac{31.500}{290}}{\frac{72.916,67}{575} + \frac{72.916,67}{520}} = 0,41$$

$$\psi_B = \frac{\sum EI/L_c}{\sum EI/L_v} = \frac{\frac{31.500}{290} + \frac{31.500}{290}}{\frac{72.916,67}{575} + \frac{72.916,67}{520}} = 0,81$$

de nomograma obtengo $k = 0,7$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{30 \text{ cm}}{\sqrt{12}} = 8,66 \text{ cm}$$

$$l_u = 290 \text{ cm} - 50 \text{ cm} = 240 \text{ cm} = 2,4 \text{ m}$$



$$\lambda = \frac{k * l_u}{r} = \frac{0,7 * 240}{8,66} = 19,4$$

Límite para considerar efectos de esbeltez

$$\lambda_{lim} = 34 - 12 * \frac{M_1}{M_2} = 34 - 12 * 0 = 34$$

$$\lambda = 19,4 < \lambda_{lim} = 34 \rightarrow \text{No se considera la esbeltez}$$

Calculo de armadura:

Se diseña para: $P_u = 649 \text{ KN} = 0,649 \text{ MN}$

$$M_u = 28,38 \text{ KNm}$$

Se utilizo el diagrama de interacción para flexo-compresión recta, se ingresa a dicho diagrama con los valores de:

$$\gamma = \frac{23}{30} = 0,77$$

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{A_g} = \frac{0,649 \text{ MN}}{0,06 \text{ m}^2} = 10,82 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{0,02838 \text{ MNm}}{0,06 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m}} = 1,6 \text{ Mpa}$$

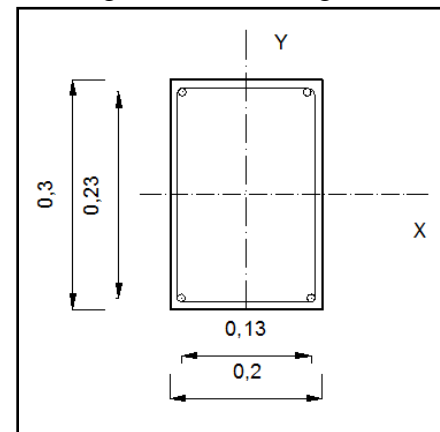


Gráfico n°21.Sección transversal de la columna
(fuente: elaboración propia)

Del diagrama de interacción para $\gamma = 0,8$; obtengo $\rho_g = 0,01$

Armadura longitudinal: $A_{st} = \rho_g * A_g = 0,01 * 600 \text{ cm}^2 = 6 \text{ cm}^2 \rightarrow$

Adopto 4 ϕ 16 $\rightarrow A_s = 8,04 \text{ cm}^2$



$$Separacion\ entre\ estribos \leq \begin{cases} 12db \text{ (db: diámetro de la barra longitudinal)} = 19,2cm \\ 48\ dbe \text{ (diámetro del estribo)} = 28,8cm \\ b \text{ (lado menor de la columna)} = 20cm \end{cases}$$

Los diámetros mínimos de los estribos a partir del diámetro de las armaduras longitudinales, se obtienen de la Tabla 7.10.5.1 del CIRSOC 201-2005. Por lo que para barras longitudinales de 16mm se adopto estribos de 6mm

Por lo tanto adopto estribos $\phi 6$ c/19cm

b) Primer piso

Solicitaciones

Carga

$P_u = \text{Reacción de viga } 2_{x-x} \text{ (apoyo4)} + \text{Reacción de viga } 4_{y-y} \text{ (apoyo2)} + P_u \text{ columna de 2do piso}$

$$P_u = 216,04\ KN + 199,77\ KN + 649\ KN = 415,81\ KN + 649\ KN = 1064,81\ KN = 106,48\ tn$$

Momentos

Trasmitida por la viga 4 (y-y) tenemos en los tramos:

$$\text{Tramo1: } qu \text{ tramo1} = \frac{35,52\ KN}{m} \rightarrow Mu \ t1 = \frac{(qu * l^2)}{12} = \frac{35,52\ KN * 5,75m^2}{12} = 97,9\ KNm$$

$$\text{Tramo2: } qu \text{ tramo2} = \frac{25,54\ KN}{m} \rightarrow Mu \ t2 = \frac{(qu * l^2)}{12} = \frac{25,54\ KN * 5,20m^2}{12} = 57,6\ KNm$$

$$M_e = Mu \ t1 - Mu \ t2 = (97,9 - 57,6)\ KNm = 40,3\ KNm$$

Ahora hay que evaluar qué porcentaje se transmite a cada elemento que llega al nudo. Para esto se analizó las características geométricas de las columnas y vigas que llegan al nudo.

Columna: 2° piso. Se adoptó una sección de (20cm * 30cm)

$$A_g = 600\ cm^2$$

$$I_g = 45.000\ cm^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 31.500\ cm^4$$

Columna: 1° piso. Se adoptó una sección de (20cm * 30cm)

$$A_g = 600\ cm^2$$

$$I_g = 45.000\ cm^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 31.500\ cm^4$$

Columna: Planta baja. Se adoptó una sección de (25cm * 35cm)



$$A_g = 875 \text{ cm}^2$$

$$I_g = 89.322,9 \text{ cm}^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 62.526,04 \text{ cm}^4$$

Viga: Se adoptó una sección de (20cm * 50cm)

$$A_g = 1.000 \text{ cm}^2$$

$$I_g = 208.333,33 \text{ cm}^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,35 = 72.916,67 \text{ cm}^4$$

Para el primer piso será:

$$C_s = \frac{l_v \times I_s}{h_s \times I_v} = \frac{575 \text{ cm} \times 45.000 \text{ cm}^4}{290 \text{ cm} \times 208.333,33 \text{ cm}^4} + \frac{520 \text{ cm} \times 45.000 \text{ cm}^4}{290 \text{ cm} \times 208.333,33 \text{ cm}^4} = 0,82$$

$$C_i = \frac{l_v \times I_c}{h_c \times I_v} = \frac{575 \text{ cm} \times 45.000 \text{ cm}^4}{290 \text{ cm} \times 208.333,33 \text{ cm}^4} + \frac{520 \text{ cm} \times 45.000 \text{ cm}^4}{290 \text{ cm} \times 208.333,33 \text{ cm}^4} = 0,82$$

$$M_r = \frac{M_e \times (C_s + C_i)}{(1 + C_s + C_i)} = \frac{40,3 \text{ kNm} \times (0,82 + 0,82)}{(1 + 0,82 + 0,82)} = 25,03 \text{ kNm}$$

Momento en la cabeza de la columna:

$$M_s = \frac{M_r \times C_i}{C_s + C_i} = \frac{25,03 \text{ kNm} \times 0,82}{0,82 + 0,82} = 12,52 \text{ kNm}$$

Momento en el pie de la columna:

$$\frac{M_s}{2} = \frac{12,52 \text{ kNm}}{2} = 6,26 \text{ kNm}$$

Grado de esbeltez:

$$\psi_A = \frac{\frac{\sum EI}{L_C}}{\frac{\sum EI}{L_V}} = \frac{\frac{31.500}{290} + \frac{31.500}{290}}{\frac{72.916,67}{575} + \frac{72.916,67}{520}} = 0,81$$

$$\psi_B = \frac{\sum EI/L_C}{\sum EI/L_V} = \frac{\frac{31.500}{290} + \frac{74.666,67}{290}}{\frac{72.916,67}{575} + \frac{72.916,67}{520}} = 1,37$$

de nomograma obtengo $k = 0,78$



$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{30\text{cm}}{\sqrt{12}} = 8,66\text{cm}$$

$$l_u = 290\text{cm} - 50\text{cm} = 240\text{cm} = 2,4\text{m}$$

$$\lambda = \frac{k * l_u}{r} = \frac{0,78 * 240}{8,66} = 21,62$$

Límite para considerar efectos de esbeltez

$$\lambda_{lim} = 34 - 12 * \frac{M_1}{M_2} = 34$$

$$\lambda = 21,62 < \lambda_{lim} = 34 \rightarrow \text{No se considera la esbeltez}$$

Calculo de armadura:

Se diseña para: $P_u = 1064,81 \text{ KN} = 1,06 \text{ MN}$

$$M_u = 12,52 \text{ KNm}$$

Se utilizo el diagrama de interacción para flexo-compresión recta, se ingresa a dicho diagrama con los valores de:

$$\gamma = \frac{23}{30} = 0,77$$

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{A_g} = \frac{1,06 \text{ MN}}{0,0600 \text{ m}^2} = 17,67 \text{ Mpa}$$

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{0,01252 \text{ MNm}}{0,0600 \text{ m}^2 * 0,30 \text{ m}} = 0,70 \text{ Mpa}$$

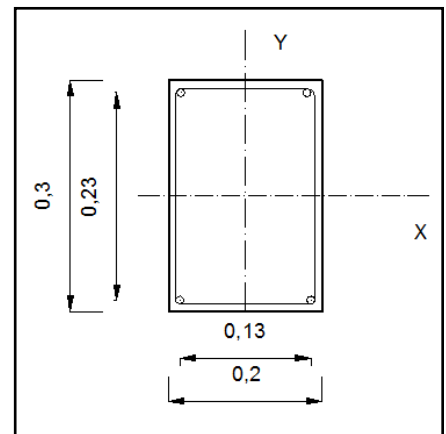


Gráfico n°22.Sección transversal de la columna
(fuente: elaboración propia)

Del diagrama de interacción para $\gamma = 0,8$; obtengo $\rho_g = 0,013$



Armadura longitudinal: $Ast = \rho g * Ag = 0,013 * 600cm^2 = 7,8 cm^2 \rightarrow$

Adopto 4 ϕ 16 $\rightarrow As = 8,04cm^2$

$$Separacion\ entre\ estribos \leq \begin{cases} 12db \text{ (db: diámetro de la barra longitudinal)} = 19,2cm \\ 48\ dbe \text{ (diámetro del estribo)} = 28,8cm \\ b \text{ (lado menor de la columna)} = 20cm \end{cases}$$

Los diámetros mínimos de los estribos a partir del diámetro de las armaduras longitudinales, se obtienen de la Tabla 7.10.5.1 del CIRSOC 201-2005. Por lo que para barras longitudinales de 16mm se adopto estribos de 6mm

Por lo tanto adopto estribos ϕ 6 c/19cm

c) Planta Baja

Solicitaciones

Carga

$Pu =$ Reacción de viga 2_{x-x} (apoyo4) + Reacción de viga 4_{y-y} (apoyo2) + Pu columna de 2do piso + Pu columna de 1er piso

$$Pu = 216,04\ KN + 199,77\ KN + 649\ KN + 415,81\ KN = 415,81\ KN + 415,81\ KN + 649\ KN \\ = 1480,62\ KN \cong 148,1\ tn$$

Momentos

Trasmitida por la viga 4 (y-y) tenemos en los tramos:

$$\text{Tramo1: } qu\ tramo1 = \frac{35,52\ KN}{m} \rightarrow Mu\ t1 = \frac{(qu * l^2)}{12} = \frac{35,52\ KN * 5,75m^2}{12} = 97,9\ KNm$$

$$\text{Tramo2: } qu\ tramo2 = \frac{25,54\ KN}{m} \rightarrow Mu\ t2 = \frac{(qu * l^2)}{12} = \frac{25,54\ KN * 5,20m^2}{12} = 57,6\ KNm$$

$$Me = Mu\ t1 - Mu\ t2 = (97,9 - 57,6)\ KNm = 40,3\ KNm$$

Ahora hay que evaluar qué porcentaje se transmite a cada elemento que llega al nudo. Para esto se analizó las características geométricas de las columnas y vigas que llegan al nudo.

Columna: 2° piso. Se adoptó una sección de (20cm * 30cm)

$$Ag = 600cm^2$$

$$Ig = 45.000cm^4 \text{ siendo } I = Ig * 0,7 = 31.500cm^4$$

Columna: 1° piso. Se adoptó una sección de (20cm * 30cm)

$$Ag = 600cm^2$$



$$I_g = 45.000\text{cm}^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 31.500\text{cm}^4$$

Columna: Planta baja. Se adoptó una sección de (25cm * 35cm)

$$A_g = 875\text{cm}^2$$

$$I_g = 89.322,9\text{cm}^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,7 = 62.526,04\text{cm}^4$$

Viga: Se adoptó una sección de (20cm * 50cm)

$$A_g = 1.000\text{cm}^2$$

$$I_g = 208.333,33\text{cm}^4 \text{ siendo } I = I_g * 0,35 = 72.916,67\text{cm}^4$$

Para la planta baja será:

$$C_s = \frac{l_v \times I_s}{h_s \times I_v} = \frac{575\text{cm} \times 45.000\text{ cm}^4}{290\text{ cm} \times 208.333,3\text{ cm}^4} + \frac{520\text{cm} \times 45.000\text{ cm}^4}{290\text{ cm} \times 208.333,33\text{ cm}^4} = 0,82$$

$$C_i = \frac{l_v \times I_c}{h_c \times I_v} = \frac{575\text{cm} \times 89.322,9\text{ cm}^4}{290\text{ cm} \times 208.333,3\text{ cm}^4} + \frac{520\text{cm} \times 89.322,9\text{ cm}^4}{290\text{ cm} \times 208.333,33\text{ cm}^4} = 1,62$$

$$M_r = \frac{M_e \times (C_s + C_i)}{(1 + C_s + C_i)} = \frac{40,3\text{ kNm} \times (0,82 + 1,62)}{(1 + 0,82 + 1,62)} = 28,6\text{kNm}$$

Momento en la cabeza de la columna:

$$M_s = \frac{M_r \times C_i}{C_s + C_i} = \frac{28,6\text{kNm} \times 1,62}{0,82 + 1,62} = 18,99\text{ kNm}$$

Momento en el pie de la columna:

$$\frac{M_s}{2} = \frac{18,99\text{kNm}}{2} = 9,5\text{ kNm}$$

Grado de esbeltez:

$$\psi_A = \frac{\frac{\sum EI}{L_C}}{\frac{\sum EI}{L_V}} = \frac{\frac{31.500}{290} + \frac{31.500}{290}}{\frac{72.916,67}{575} + \frac{72.916,67}{520}} = 0,81$$

$$\psi_B = \frac{\sum EI/L_C}{\sum EI/L_V} = \infty$$

de nomograma obtengo $k = 0,85$



$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{35\text{cm}}{\sqrt{12}} = 10,10\text{cm}$$

$$l_u = 290\text{cm} - 50\text{cm} = 240\text{cm} = 2,4\text{m}$$

$$\lambda = \frac{k * l_u}{r} = \frac{0,85 * 240}{10,10} = 20,2$$

Límite para considerar efectos de esbeltez

$$\lambda_{lim} = 34 - 12 * \frac{M_1}{M_2} = 40$$

$$\lambda = 20,2 < \lambda_{lim} = 40 \rightarrow \text{No se considera la esbeltez}$$

Calculo de armadura:

Se diseña para: $P_u = 1480,62 \text{ KN} = 1,48 \text{ MN}$

$$M_u = 18,99 \text{ KNm}$$

Se utilizo el diagrama de interacción para flexo-compresión recta, se ingresa a dicho diagrama con los valores de:

$$\gamma = \frac{28}{35} = 0,8$$

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{P_u}{A_g} = \frac{1,48\text{MN}}{0,0875\text{m}^2} = 16,91\text{Mpa}$$

$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{M_u}{A_g \cdot h} = \frac{0,01899\text{MNm}}{0,0875\text{m}^2 * 0,35\text{m}} = 0,62\text{Mpa}$$

Del diagrama de interacción para $\gamma = 0,8$; obtengo $\rho_g = 0,01$

Armadura longitudinal: $A_{st} = \rho_g * A_g = 0,01 * 875\text{cm}^2 = 8,75 \text{ cm}^2 \rightarrow$

Adopto 4 ϕ 20 $\rightarrow A_s = 12,6\text{cm}^2$

$$\text{Separacion entre estribos} \leq \begin{cases} 12db \text{ (db: diámetro de la barra longitudinal)} = 24\text{cm} \\ 48 \text{ dbe (diámetro del estribo)} = 38,4\text{cm} \\ b \text{ (lado menor de la columna)} = 25\text{cm} \end{cases}$$

Los diámetros mínimos de los estribos a partir del diámetro de las armaduras longitudinales, se obtienen de la Tabla 7.10.5.1 del CIRSOC 201-2005. Por lo que para barras longitudinales de 20mm se adopto estribos de 8mm

Por lo tanto adopto estribos $\phi 8$ c/24cm

7.5 Cálculo de la rampa del edificio de estacionamiento

Debido a la forma particular de la rampa del edificio de estacionamiento y su inclinación, hace que no sea aplicable el método de Marcus y sus tablas para calcular las solicitaciones, debido a que las condiciones de borde y geometría no coinciden con las dadas por el método. Por esta razón se utilizó la metodología del emparillado, la cual es una analogía que permite representar correctamente el fenómeno para condiciones de borde, geometría y cargas no tabuladas.

El método consiste en discretizar la losa en un emparillado de vigas, en donde a cada elemento se le asigna la rigidez a la flexión correspondiente (según el ancho de cada elemento) y una rigidez a la torsión.

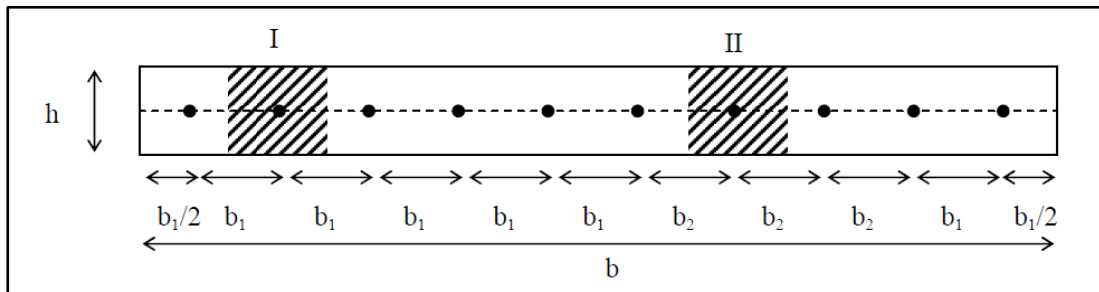


Gráfico n°23: Corte de una losa de espesor h a modelarse con un sistema de emparillado.
(fuente: “Introducción al Cálculo de hormigón armado”- 2da edición)

La razón para la utilización de una rigidez a la torsión diferente para el elemento del emparillado en comparación al de una viga tradicional es que para las losas se integran exclusivamente las tensiones longitudinales, mientras que en la viga la integración se extiende a las tensiones verticales.

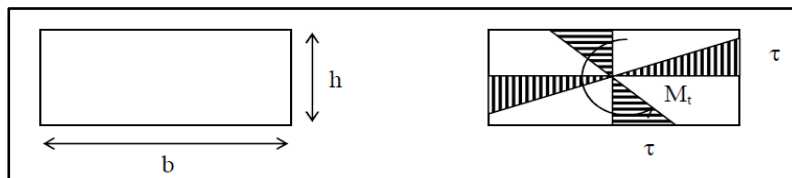


Gráfico n°24: Distribución de tensiones de corte ante un esfuerzo torsor en una viga de ancho b y altura h.
(fuente: “introducción al cálculo de hormigón armado”- 2da edición)

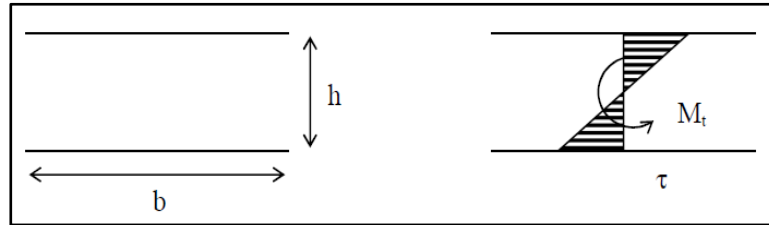


Gráfico n°25: Distribución de tensiones de corte ante un esfuerzo torsor en un elemento discretizado de losa de ancho b y altura h . (fuente: “introducción al cálculo de hormigón armado”- 2da edición)

La rigidez a la flexión de una viga de ancho b y altura h viene dada por la siguiente expresión:

$$R_v = \frac{E * b * h^3}{12}$$

En cambio, para un elemento discretizado de losa dicha rigidez viene dada por la siguiente fórmula:

$$R_l = \frac{E * b * h^3}{12 * (1 - \mu^2)}$$

Lo cual indica una mayor rigidez del elemento discretizado frente al elemento viga.

Para una correcta discretización de los elementos de losa, se aconseja que el ancho de los elementos sea cercano a $3h$ donde h es el espesor de la losa, pudiéndose desarrollarse una grilla más densa en las zonas conflictivas como por ejemplo el caso de orificios importantes o cargas concentradas.

7.5.1 Aplicación del método

Como primera medida se adoptó la densidad de la grilla del emparrillado de vigas, para ello se consideró la siguiente relación:

$$Sep = 3 * h = 3 * 0,15m = 0,45m$$

Debido a que la malla tiene una densidad importante se colocaron las cargas equivalentes como una carga puntual en los nodos, siendo la siguiente:

$$P = q * A_1 = 9,82 \frac{kN}{m^2} * (0,45 m)^2 = 1,99 kN$$

Considerando lo expresado anteriormente se procedió a calcular la rigidez a la flexión y a la torsión de los elementos discretizados de losa

$$E = 4700 * \sqrt{f'_c} = 4700 * \sqrt{30 Mpa} = 25.743 Mpa = 25.743.000 \frac{KN}{m^2}$$

$$\mu = 0,20$$

$$I = \frac{b * h^3}{12} = \frac{45 cm * (15 cm)^3}{12} = 12.656 cm^4$$



$$J = 2 * I = 2 * 12.656 \text{ cm}^4 = 25.312 \text{ cm}^4$$

Donde:

- I: inercia a la 193orsion
- J: inercia a la 193orsion

Con estos datos ingresamos al programa de cálculo de estructural RAM Advanse 9.5 y procedemos al modelado de la rampa, en la imagen n° 14 podemos observar el mallado en planta y condiciones de vínculos de la rampa vehicular.

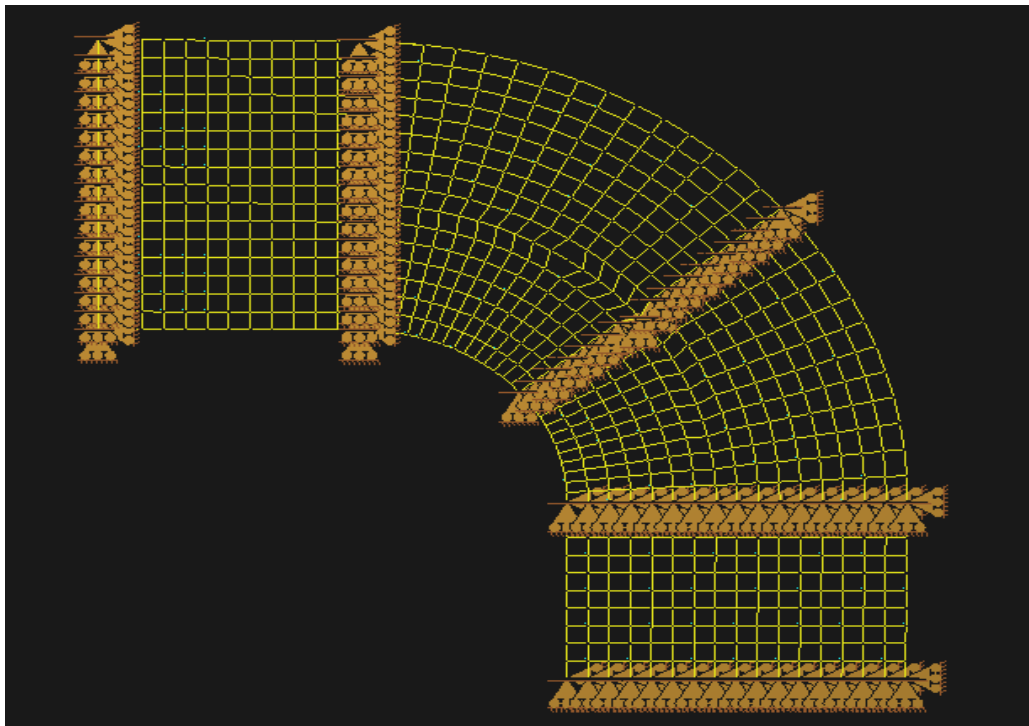


Imagen n° 14: Se observa el mallado en planta y condiciones de vínculos de la rampa vehicular.
(fuente: elaboración propia)

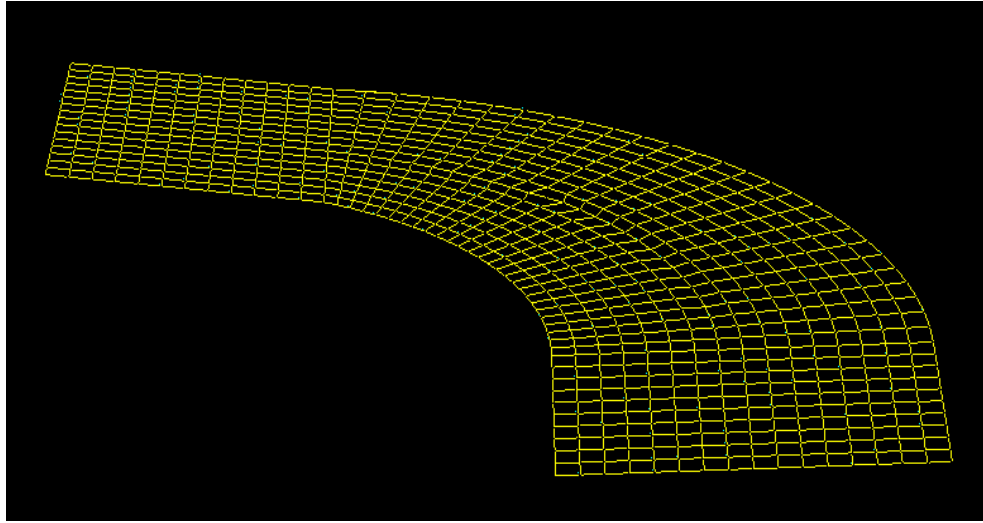


Imagen n° 15: Se aprecia una vista del modelado de la rampa vehicular.
(fuente:elaboración propia)

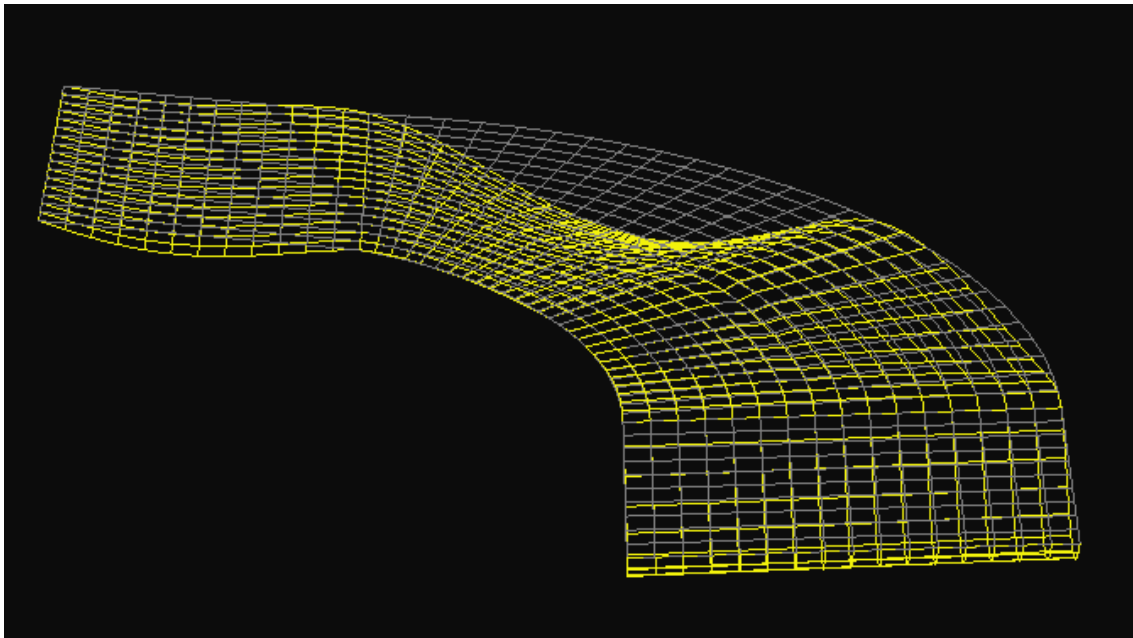


Imagen n° 16: Se observa la deformada del elemento modelado de rampa vehicular del edificio.
(fuente:elaboración propia)

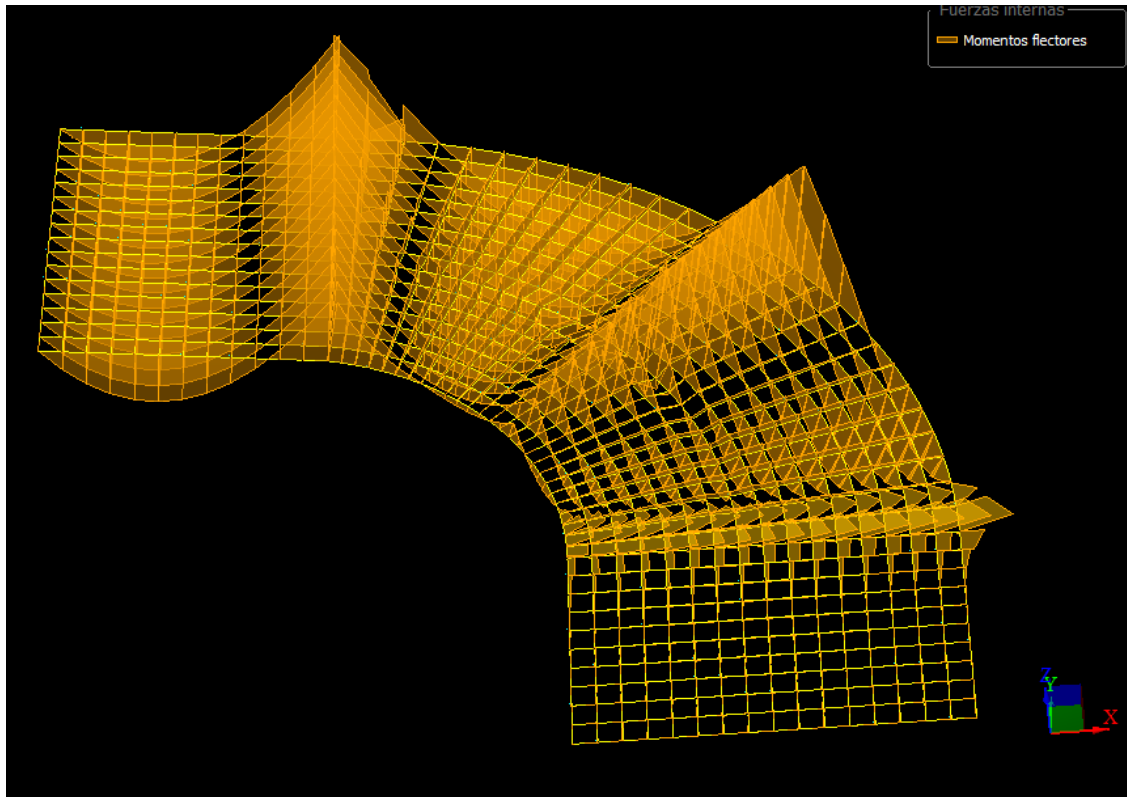


Imagen n° 17: Se observa los diagramas de momentos de la rampa vehicular del edificio.
(fuente:elaboración propia)

De los resultados obtenidos se consideraron los esfuerzos pésimos para la determinación de las armaduras, debido a que se consideró que el ahorro en el consumo de materiales (acero) obtenido de una discretización de los esfuerzos va a ser absorbido por el costo de mayor control y supervisión a parte del requerimiento de personal especializado. Siendo dichos esfuerzos los siguientes:

$$M_{Max} = \frac{2.261,06 \text{ Kgm}}{0,45 \text{ m}} = 5.024,58 \frac{\text{Kgm}}{\text{m}}$$

$$M_{Min} = \frac{-2.234,17 \text{ Kgm}}{0,45 \text{ m}} = -4.964,82 \frac{\text{Kgm}}{\text{m}}$$

$$Q_{Max} = \frac{2.440,16 \text{ Kg}}{0,45 \text{ m}} = 5.422,58 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$Q_{Min} = \frac{-2.243,43 \text{ Kg}}{0,45 \text{ m}} = -4.985,40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$N_{Max} = \frac{1.346,52 \text{ Kg}}{0,45 \text{ m}} = 2.992,27 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$



$$N_{Min} = \frac{-1.188 \text{ Kg}}{0,45 \text{ m}} = 2,640 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$Mt_{Max} = \frac{150,24 \text{ Kgm}}{0,45 \text{ m}} = 333,87 \frac{\text{Kgm}}{\text{m}}$$

Como dichos resultados fueron obtenidos a partir de la comparación de la losa a un emparrillado de vigas los esfuerzos para el dimensionamiento deben ser dividida por el ancho de la viga del emparrillado adoptado.

7.5.2 Dimensionamiento de la rampa vehicular del edificio

Se dimensionó la losa de la rampa sometida a flexión, siendo el valor de momento máximo:

$$M_{Max} 5.024,58 \frac{\text{Kgm}}{\text{m}} = 49,27 \text{ kNm/m}$$

Armadura de flexión

* Para la losa :

$$Mn \geq \frac{Mu}{\phi} = \frac{49,27 \text{ KNm/m}}{0,90} = 54,74 \text{ KNm} = 0,055 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}$$

$$Kd = \frac{d \text{ (m)}}{\sqrt{\frac{Mn \text{ (MNm)}}{b \text{ (m)}}}} = \frac{0,12 \text{ m}}{\sqrt{\frac{0,055 \text{ MNm}}{1 \text{ m}}}} = 0,51$$

Determino de tabla de flexión con el valor del Kd y la resistencia característica del hormigón el valor de:

$$Ke = 26,399 \text{ cm}^2/\text{MN}$$

$$As = Ke * \frac{Mn \text{ (MNm)}}{d \text{ (m)}} = 26,399 \frac{\text{cm}^2}{\text{MN}} * \frac{0,055 \frac{\text{MNm}}{\text{m}}}{0,12 \text{ m}} = \frac{12,1 \text{ cm}^2}{\text{m}} \rightarrow \text{Adopto } 1\emptyset 12\text{mm} \frac{c}{9\text{cm}}$$

(As = 12,44 cm²)

7.6 Cálculo de fundaciones

7.6.1 Capacidad de carga

Para poder diseñar y dimensionar bases adecuada para la sustentación de cualquier tipo de estructura es necesario conocer la resistencia que nos ofrece el suelo, el cual va a ser de menor o mayores dimensiones y profundidad dependiendo del tipo de este y de los estratos que se encuentren por debajo del mismo.

Por esta razón comenzamos nuestro análisis con los resultados de un ensayo de penetración estándar o SPT por sus siglas en inglés. Dichas pruebas fueron realizadas en las cercanías del campus Resistencia, las cuales nos son de utilidad para inferir cual será la resistencia que nos ofrece el suelo,







considerando que debido a la cercanía los estratos de suelos tendrán características similares. Estas se pueden observar en las planillas n°5 del anexo

Con los resultados de estos ensayos se procedió a realizar el perfil cálculo del suelo, donde a partir de los números de golpes para cada metro de profundidad de cada ensayo se adoptó el más bajo para estar del lado de la seguridad, además se dividió al perfil de suelo en diferentes estratos con características similares, según la clasificación de suelos, números de golpes, etc. Dicho perfil de cálculo se puede observar en la tabla siguiente:

Tabla n° 44.Perfil de cálculo de suelo

Prof. (m)	N° de golpes				Perfil de calculo
	SPT N° 1	SPT N° 2	SPT N° 3	SPT N° 4	
1	10	6	7	8	6
2	7	10	8	7	7
3	20	8	12	11	8
4	20	18	14	14	14
5	25	21	32	22	21
6	25	11	10	14	10
7	14	16	22	10	10
8	24	22	25	25	22
9	10	33	25	27	10
10	16	31	31	32	16
11		40	38	36	36
12		32	28	26	26
13		27	22	27	22
14		36	28	31	28
15		33	25	33	25
16		67	60	60	60
17		67	55	46	46
18		67	43	40	40
19		27	27	40	27
20		23	43	20	20

(fuente:elaboración propia)

	Arcilla de alta plasticidad
	Limo de baja plasticidad
	Arena limosa
	Arena



Como primera medida se decidió que la cota de fundación será a los 2m de profundidad debido a que en esta profundidad el estrato de suelo posee una resistencia relativamente buena y que los estratos de suelo inferiores poseen un numero de golpes aun mayor, pero a su vez no se decidió ir a una profundidad mayor debido a que en los resultados de los ensayos se observó que la napa freática se encuentra a una profundidad de 2,40m en la posición más desfavorable, haciendo que la relación beneficios costos de ir más profundo para conseguir una resistencia más alta sea negativa debido a los costos de excavación, dificultades en la construcción y el costo de deprimir la napa.

Considerando que a partir de los 8m de profundidad el número de golpes muestra que el suelo tiene una resistencia lo suficientemente grande como para considerar que a partir de dicha profundidad el suelo es indeformable, además se considera que el bulbo de presiones se desarrollará en un espesor de 4m por debajo de la cota de fundación.

En el cuadro siguiente se pueden apreciar los pesos específicos adoptados para los diferentes suelos presentes en el perfil de cálculo de suelo, los cuales se tomaron a partir de la tabla 2.2 del libro “fundamentos de ingeniería geotécnica” de Braja M. Das

Suelo	Peso especifico
Arcilla firme	17 KN/m ³
Limo	13,5 KN/m ³
Arena limosa	19 KN/m ³
Arena	18 KN/m ³

Con estos datos se realizó el cálculo de tensiones efectivas verticales en la masa de suelo, las cuales se pueden apreciar en la siguiente tabla y se puede visualizar las mismas en el gráfico n°23

Tabla n° 45.Cálculo de tensiones efectivas

Perfil de suelo	Profundidad	σ_v' (KN/m ²)
Arcilla	-1	17
	-2	34
	-2,4	40,8
	-3	45
Limo	-4	48,5
	-5	52
	-6	55,5
	-7	59
Arena limosa	-8	68
	-9	77
	-10	86
	-11	95
	-12	104
	-13	113



Arena	-14	121
	-15	129
	-16	137
Arena limosa	-17	146
	-18	155
Arena	-19	163
Arena limosa	-20	172

(fuente: elaboración propia)

Debido a que solamente disponíamos de ensayos de penetración estándar SPT en zonas cercanas al lugar de estudio, es importante recomendar que a la hora de realizar el estudio de suelos para determinar la resistencia que nos ofrece el mismo para el cálculo de las fundaciones se debiera realizar siempre éste ensayo en el lugar preciso donde se emplazará la obra.

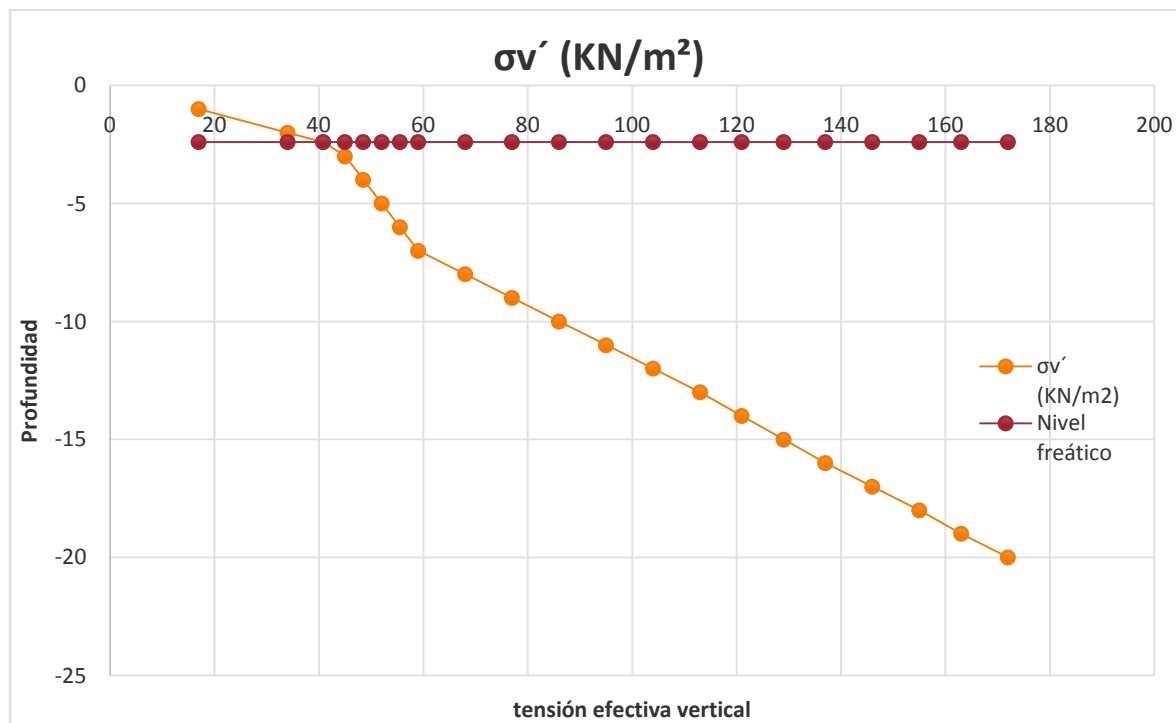


Gráfico n°23. Tensiones efectivas vs profundidad
(fuente: elaboración propia)

A pesar de que el ensayo de penetración estándar es una de las pruebas más difundidas y practicadas en todo el mundo debido a su practicidad y de bajo costo económico, es un ensayo no padronizado, es decir, que su práctica varía según cada país. Esto hace que para que las correlaciones que nos



permiten conocer características importantes del suelo sean aplicables se debe corregir los números de golpes del ensayo comparándolo con la energía liberada por el instrumento utilizado por Terzaghi, quien fue el precursor de dicha técnica. En el caso particular de la Argentina se utiliza el sacamuestra Moreto el cual posee un diámetro mayor al propuesto por Terzaghi, por ende, se necesita una energía de hincia mayor para introducir el sacamuestra, haciendo que el número de golpes deba corregirse mediante la siguiente expresión matemática:

$$N_{SPT} = 0,8 * N$$

Para la determinación de la tensión admisible se utilizará un método indirecto, en el cual mediante los datos obtenidos por el ensayo de SPT se inferirán los parámetros geotécnicos necesarios a tal fin, los cuales son:

- Su: resistencia al corte no drenada
- Eu: módulo de elasticidad no drenado
- OCR: relación de sobre consolidación
- Cc: índice de compresibilidad
- Cr: índice de recompresión
- ϕ' : ángulo de fricción efectiva
- E': módulo de elasticidad efectivo

Debido a que los estratos de suelo donde se producirán los bulbos de presiones de las bases corresponden a suelos cohesivos los parámetros de ángulo de fricción efectiva y módulo de elasticidad efectiva no serán necesarios determinarlos.

Con los valores corregidos de números de golpes se procede a calcular la resistencia al corte no drenado del suelo, mediante la siguiente correlación dada por Schnaid en su libro “ensayos de campo y sus aplicaciones en la ingeniería de fundaciones”

$$S_u = 6 * N_{SPT}$$

Se procede a determinar la relación de sobre consolidación OCR por sus siglas en ingles mediante la ecuación semi-empirica que nos brinda el autor Ortigao J.A.R. en su libro “introducción a la mecánica de los suelos de los estados críticos”. Siendo la siguiente expresión:

$$OCR = \left(\frac{S_u}{\sigma'_v} \right)^{\frac{5}{4}}$$

Utilizando las relaciones matemáticas anteriormente citadas se procedió a confeccionar la siguiente tabla para el perfil de cálculo de suelo en análisis:



Tabla n° 46. Cálculo de relación de sobre consolidación OCR

Perfil de suelo	Profundidad	N	Nspt	σ'_v (KN/m ²)	Su (KN/m ²)	Su/ σ'_v	OCR	IP	W
Arcilla	1	6	4,8	17	28,8	1,69	10,93	18	20
	2	7	5,6	34	33,6	0,99	5,57	27	22
	3	8	6,4	45	38,4	0,85	4,64	37	25
Limo	4	14	11,2	48,5	67,2	1,39	8,50	-	23
	5	21	16,8	52	100,8	1,94	12,94	-	23
	6	10	8	55,5	48	0,86	4,72	-	20
	7	10	8	59	48	0,81	4,37	-	23

(fuente elaboración propia)

Una vez definidos los parámetros para cada metro de profundidad del perfil de suelo se tomó un valor promedio de la resistencia no drenada (S_u), de OCR, de porcentaje de humedad (w) dentro de la masa de suelo donde se desarrollará el bulbo de presiones. Siendo los siguientes valores:

$$S_{u \text{ promedio}} = 56 \frac{KN}{m^2}$$

$$\left(\frac{S_u}{\sigma'_v} \right)_{\text{promedio}} = 1,14$$

$$OCR_{\text{promedio}} = 6,79$$

$$w_{\text{promedio}} = 22,67\%$$

A su vez se realizó un cálculo de la relación de sobre consolidación a través del siguiente gráfico, donde entrando con el valor de la relación entre la resistencia no drenada y la tensión efectiva vertical, intersectamos la curva de índice de plasticidad (IP) y de ahí bajamos verticalmente hasta el eje de la abscisas el cual corresponde al de OCR. Obteniendo un resultado igual a 6,5.

Debido que las dos metodologías de cálculo nos brindaron resultados parecidos de OCR se decidió a adoptar el valor más bajo de OCR para estar del lado de la seguridad.

Para realizar un primer tanteo de la tensión admisible del suelo es necesario realizar un pre dimensionado de las bases y saber si estas verifican las condiciones de seguridad, para ello se calculó la carga máxima que transmite la columna más cargada, teniendo en cuenta el área de influencia de dicha columna, las cargas permanentes y sobrecargas que en ella actúan pero sin ser mayoradas.

$$P_{Max} = (q_{azotea} + 2 * q_{planta \ tipo}) * A_1 = 95,91 \text{ Tn}$$

$$P_{Min} = (q_{azotea} + 2 * q_{planta \ tipo}) * A_2 = 50,36 \text{ Tn}$$

A su vez también se calculó la carga mínima que transmite la columna aledaña a la más cargada para saber la distorsión angular de la estructura para verificar que la misma se encuentre dentro de los valores tolerables.



Se consideró una tensión admisible inicial igual a 1 Kg/cm^2 para poder estimar las dimensiones de la base, además se considerarán que todas las bases serán cuadradas debido a que no hay limitaciones ya que el edificio se encontrará dentro del campus Resistencia.

$$A = \frac{P_{Max}}{\sigma_{Adm}} = \frac{95,91 \text{ Tn}}{10 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}} = 9,59 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{9,59 \text{ m}^2} = 3,10 \text{ m}$$

$$\frac{D}{B} = \frac{2 \text{ m}}{3,10 \text{ m}} = 0,65$$

$$\frac{L}{B} = \frac{3,10 \text{ m}}{3,10 \text{ m}} = 1$$

$$\frac{H}{B} = \frac{5 \text{ m}}{3,10 \text{ m}} = 1,61$$

Considerando una superficie de falla como la descrita por Terzaghi en la cual se consideran que la capacidad de carga se obtiene por la suma de tres componentes que representan las contribuciones de:

- La cohesión y la fricción de un material sin peso que no lleva sobrecarga
- La fricción de un material sin peso que soporta una sobrecarga aplicada en la superficie
- La fricción de un material con peso que no soporta sobrecarga

$$q_{ult} = c * N_c + \gamma * D * N_q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N_\gamma$$

Pero debido a que dentro del perfil de cálculo de suelo solo se consideró un suelo cohesivo la expresión anterior puede simplificarse a la siguiente ecuación:

$$q_{ult} = S_u * N_c + \gamma * D$$

Donde el valor del coeficiente N_c se calculó gráficamente a partir del gráfico de Simons y Menzies, en el cual entrando con el valor de la relación entre la cota de fundación y el ancho de la zapata (D/B) intersectamos a la curva L/B , y nos desplazamos horizontalmente hasta cortar el eje de las ordenadas, la cual representa el valor N_c . Obteniéndose:

$$N_c = 7,20$$

$$q_{ult} = 56 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 7,20 + 17 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 2 \text{ m} = 437,20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Considerando un factor de seguridad F_s mayor a 3 debido a las incertidumbres de la metodología aplicada como ser el hecho de que se tomaron ensayos de SPT cercanos a la zona de estudio pero no en el sitio preciso donde se está proyectando la edificación.



$$F_s = 5$$

$$q_{Adm} = \frac{q_{ult}}{F_s} = \frac{437,20 \frac{KN}{m^2}}{5} = 114,64 \frac{KN}{m^2}$$

Así como es importante que la tensión se encuentre bajo valores admisibles es igual de importante que los asentamientos que tendrá la estructura a lo largo de su vida útil se encuentre dentro de los parámetros aceptados. Por ello se procede a verificar que la base anteriormente calculada se encuentre dentro de los valores tolerables.

De los gráficos de Simons y Menzies para asentamientos se determinaron los siguientes coeficientes:

$$\mu_1 = 0,55$$

$$\mu_2 = 0,83$$

$$\delta_i = \mu_1 * \mu_2 * \frac{q * B}{E_u}$$

Donde δ_i representa el asentamiento inmediato del suelo, La expresión matemática utilizada para calcular el módulo de elasticidad no drenado del suelo es la dada por Schnaid, siendo la siguiente:

$$E_u = 150 * S_u = 150 * 56 \frac{KN}{m^2} = 8400 \frac{KN}{m^2}$$

$$\delta_i = 0,55 * 0,83 * \frac{114,64 \frac{KN}{m^2} * 310 \text{ cm}}{8400 \frac{KN}{m^2}} = 1,93 \text{ cm}$$

A su vez tendremos un asentamiento por consolidación para la cual necesitamos determinar primeramente Los parámetros para estimar los índices de compresibilidad y recompresión, los cuales se calculan con la siguiente expresión matemática:

$$C_C = 0,1 * (1 + e_0)$$

$$C_R = 0,2 * C_C$$

Dónde: e_0 es el índice de vacíos inicial, la cual mediante las relaciones de los índices físicos podemos expresarlo como:

$$e_0 = \frac{G_s * w}{S}$$

En la cual:

- S: grado de saturación de la muestra del suelo
- w: porcentaje de humedad de la muestra de suelo



- G_s : densidad de los granos

Teniendo en cuenta que la densidad de los granos de un suelo arcilloso se encuentra en el rango de 2,70 a 2,90, en el caso del limo este índice se encuentra entre 2,66 a 2,70. Para simplificar el análisis consideramos una gravedad específica igual a 2,70.

$$e_0 = \frac{2,70 * 22,67\%}{100\%} = 0,61$$

$$C_c = 0,1 * (1 + 0,61) = 0,161$$

$$C_R = 0,20 * 0,161 = 0,032$$

Pero es necesario saber si la sobrecarga aplicada al terreno por la estructura supera o no la tensión máxima a la que se encontró el terreno en su historia geológica, ya que debido a esto el asentamiento por consolidación primaria será en mayor o menor medida. Por esta razón se procede a calcular la tensión máxima a la que se encontró el perfil de suelo a la profundidad de 7m, ya que para una profundidad mayor se consideró que el estrato de suelo posee una resistencia elevada pudiéndose considerar como indeformable.

$$\sigma'_{vMax} = OCR * \sigma'_v = 6,5 * 59 \frac{KN}{m^2} = 383,5 \frac{KN}{m^2}$$

$$\sigma'_v + \Delta P = 59 \frac{KN}{m^2} + 114,64 \frac{KN}{m^2} = 173,64 \frac{KN}{m^2}$$

$$\sigma'_v + \Delta P < \sigma'_{vMax}$$

Esto nos indica que el suelo se encuentra dentro del campo, por ende la ecuación para calcular el asentamiento por consolidación primaria es el siguiente:

$$\delta_C = \frac{H}{(1 + e_0)} * C_R * \log\left(\frac{\sigma'_v + \Delta P}{\sigma'_{vMax}}\right) = \frac{500 \text{ cm}}{(1 + 0,61)} * 0,032 * \log\left(\frac{173,64 \frac{KN}{m^2}}{59 \frac{KN}{m^2}}\right) = 4,66 \text{ cm}$$

$$\sigma_T = \delta_i + \delta_C = 1,93 \text{ cm} + 4,66 \text{ cm} = 6,59 \text{ cm}$$

El asentamiento total de la base es mayor al admisible, el cual es de 5 cm, por esta razón se realizó un cálculo iterativo hasta encontrar la tensión admisible que permita que el asentamiento se encuentre dentro de los parámetros permitidos. Si bien la tensión admisible adoptada como válida sigue teniendo un asentamiento mayor a los 5 cm, pero debido a que el error es del 8,2% menor a los 10% de error tolerable dentro de la ingeniería, no realizamos una nueva iteración.

$$\sigma_{Adm} = 87,76 \frac{KN}{m^2}$$



$$A = \frac{P_{Max}}{\sigma_{Adm}} = \frac{95,91 \text{ Tn}}{8,78 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}} = 10,92 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{10,92 \text{ m}^2} = 3,30 \text{ m}$$

$$\frac{D}{B} = \frac{2 \text{ m}}{3,30 \text{ m}} = 0,61$$

$$\frac{H}{B} = \frac{5 \text{ m}}{3,30 \text{ m}} = 1,51$$

$$\mu_1 = 0,51$$

$$\mu_2 = 0,84$$

$$\delta_i = 0,51 * 0,84 * \frac{87,76 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 330 \text{ cm}}{8400 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}} = 1,48 \text{ cm}$$

$$\delta_c = \frac{H}{(1 + e_0)} * C_R * \log\left(\frac{\sigma'_v + \Delta P}{\sigma'_{vMax}}\right) = \frac{500 \text{ cm}}{(1 + 0,61)} * 0,032 * \log\left(\frac{146,76 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{59 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}\right) = 3,93 \text{ cm}$$

$$\sigma_T = \delta_i + \delta_c = 1,48 \text{ cm} + 3,93 \text{ cm} = 5,41 \text{ cm}$$

Ahora es necesario conocer la distorsión angular debido al asentamiento diferencial entre la columna más solicitada y la menos cargada de sus alrededores, para ello procedemos a realizar el predimensionamiento de la columna menos cargada:

$$A = \frac{P_{Min}}{\sigma_{Adm}} = \frac{50,36 \text{ Tn}}{8,78 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}} = 5,73 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{A} = \sqrt{5,73 \text{ m}^2} = 2,40 \text{ m}$$

$$\frac{D}{B} = \frac{2 \text{ m}}{2,40 \text{ m}} = 0,83$$

$$\frac{H}{B} = \frac{5 \text{ m}}{2,40 \text{ m}} = 2,08$$

$$\mu_1 = 0,54$$

$$\mu_2 = 0,76$$



$$\delta_i = 0,54 * 0,76 * \frac{87,76 \frac{KN}{m^2} * 240 \text{ cm}}{8400 \frac{KN}{m^2}} = 1,03 \text{ cm}$$

$$\delta_c = \frac{H}{(1 + e_0)} * C_R * \log\left(\frac{\sigma'_v + \Delta P}{\sigma'_{vMax}}\right) = \frac{500 \text{ cm}}{(1 + 0,61)} * 0,032 * \log\left(\frac{146,76 \frac{KN}{m^2}}{59 \frac{KN}{m^2}}\right) = 3,93 \text{ cm}$$

$$\sigma_{T1} = \delta_i + \delta_c = 1,03 \text{ cm} + 3,93 \text{ cm} = 4,96 \text{ cm}$$

$$\gamma = \frac{\Delta\delta}{sep} = \frac{5,41 \text{ cm} - 4,96 \text{ cm}}{575 \text{ cm}} = 0,0008 < \gamma_{Adm} = \frac{1}{500} = 0,002$$

7.6.2 Dimensionamiento de las bases

La carga de diseño que se trasmite de columna a la base es:

$$P_s = 95,91 \text{ Tn} = 959,1 \text{ KN}$$

$$P_u = 1481 \text{ KN}$$

Hormigón: H-30

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

Acero ADN-420

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$C_x = C_y = 0,35 \text{ m}$$

$$C_c = 0,05 \text{ m}$$

$$Y = 1$$

$$\alpha_s = 40$$

Tensión admisible del suelo

$$\sigma_{Adm} = 87,76 \frac{KN}{m^2}$$

$$L_x = L_y = 3,30 \text{ m}$$

Valores intermedios



$$\beta = \frac{c_x}{c_y} = \frac{0,35m}{0,35m} = 1$$

$$b_x = c_x + 0,05m = 0,35 m + 0,05 m = 0,40 m$$

$$b_y = c_y + 0,05m = 0,35 m + 0,05 m = 0,40 m$$

$$b_{wx} = \frac{(5 * b_x + 3 * L_x)}{8} = \frac{(5 * 0,40 m + 3 * 3,30 m)}{8} = 1,487m$$

$$b_{wy} = \frac{(5 * b_y + 3 * L_y)}{8} = \frac{(5 * 0,40 m + 3 * 3,30 m)}{8} = 1,487m$$

$$k_x = \frac{L_x - c_x}{2} = \frac{3,30 m - 0,35 m}{2} = 1,475m$$

$$k_y = \frac{L_y - c_y}{2} = \frac{3,50m - 0,35m}{2} = 1,475m$$

$$k_{a \min} = \frac{2,8 \text{ Mpa}}{0,85 * f'_c} = \frac{2,8 \text{ Mpa}}{0,85 * 30 \text{ Mpa}} = 0,110$$

$$m_n \min = k_{a \min} * \left(1 - \frac{k_{a \min}}{2}\right) = 0,110 * \left(1 - \frac{0,110}{2}\right) = 0,104$$

$$q_u = \frac{P_u}{L_x * L_y} = \frac{1481 \text{ KN}}{(3,30 m)^2} = 136 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

$$M_{ux} = M_{uy} = \frac{q_u * L_y * k_x^2}{2} = \frac{136 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 3,30 m * (1,475 m)^2}{2} = 488,21 \text{ KNm}$$

$$M_{nx} = M_{ny} = \frac{M_{ux}}{0,90} = \frac{488,21 \text{ KNm}}{0,90} = 542,45 \text{ KNm}$$

Predimensionamiento de la altura por flexión

$$d_x \approx \left[\frac{6,5 * M_{nx}}{b_y * f'_c * \frac{1000 \text{KN}}{\text{MN}}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{6,5 * 542,45 \text{ KNm}}{0,40 * 30 \text{ Mpa} * \frac{1000 \text{KN}}{\text{MN}}} \right]^{\frac{1}{2}} = 0,54 m$$



$$d_y \approx \left[\frac{6,5 * M_{ny}}{b_x * f'_c * \frac{1000 \text{ KN}}{MN}} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{6,5 * 542,45 \text{ KNm}}{0,40 * 30 \text{ Mpa} * \frac{1000 \text{ KN}}{MN}} \right]^{\frac{1}{2}} = 0,54 \text{ m}$$

Se adopta:

Para punzonamiento: $d = 0,55 \text{ m}$

Para corte: $d_x = 0,555 \text{ m}$; $d_y = 0,545 \text{ m}$

Verificación de la altura por punzonado

$$b_o = 2 * (c_x + c_y) + 4 * d = 2 * (2 * 0,35 \text{ m}) + 4 * 0,55 \text{ m} = 3,6 \text{ m}$$

$$A_o = (c_x + d) * (c_x + d) = (0,35 \text{ m} + 0,55 \text{ m})^2 = 0,81 \text{ m}^2$$

Como $\beta \leq 2 \rightarrow F_1 = 4$

$$F_2 = \frac{\alpha_s * d}{b_o} + 2 = \frac{40 * 0,55 \text{ m}}{3,6 \text{ m}} + 2 = 8,11 \rightarrow F = \text{minimo}(F_1, F_2) = 4$$

$$P_u - q_u * A_o \leq 0,75 * Y * F * b_o * d * f'_c^{\frac{1}{2}} * \frac{\left(\frac{1000 \text{ KN}}{MN}\right)}{12}$$

$$P_u - q_u A_o = 1481 \text{ KN} - 136 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} * 0,81 \text{ m}^2 = 1370,84 \text{ KN}$$

$$0,75 * Y * F * b_o * d * f'_c^{\frac{1}{2}} * \frac{\left(\frac{1000 \text{ KN}}{MN}\right)}{12} = 0,75 * 1 * 4 * 3,60 \text{ m} * 0,55 \text{ m} * \sqrt{30} * \frac{\left(\frac{1000 \text{ KN}}{MN}\right)}{12} \\ = 2711,23 \text{ KN}$$

verifica a punzonamiento

Verificación de la altura por corte

$$V_{ux} \leq 0,75 * b_{wy} * d_x * f'_c^{\frac{1}{2}} * \frac{\left(\frac{1000 \text{ KN}}{MN}\right)}{6}$$

$$V_{uy} \leq 0,75 * b_{wy} * d_y * f'_c^{\frac{1}{2}} * \frac{\left(\frac{1000 \text{ KN}}{MN}\right)}{6}$$



$$V_{ux} = q_u * L_y * (k_x - d_x) = 136 \frac{KN}{m^2} * 3,30 m * (1,475 m - 0,555m) = 412,90 KN$$

$$0,75 * b_{wx} * d_x * f'_c \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{1000KN}{MN}\right)}{6} = 0,75 * 1,487 m * 0,555 m * \sqrt{30} * \frac{\left(\frac{1000KN}{MN}\right)}{6} \\ = 565,03 KN$$

$$V_{uy} = q_u * L_x * (k_y - d_y) = 136 \frac{KN}{m^2} * 3,30 m * (1,475 m - 0,545m) = 417,38 KN$$

$$0,75 * b_{wy} * d_y * f'_c \frac{1}{2} * \frac{\left(\frac{1000KN}{MN}\right)}{6} = 0,75 * 1,487 m * 0,545m * \sqrt{30} * \frac{\left(\frac{1000KN}{MN}\right)}{6} = 554,85 KN$$

Por lo tanto, verifica al corte en ambas direcciones

Cálculo de las armaduras de flexión

Suponiendo que $d_b = 10mm$ se adopta una altura total:

$$h = d_{max} + \frac{d_b}{2} + c_c = 0,555m + \frac{0,01m}{2} + 0,05m = 0,60 m$$

Se adopta $d_x = 0,545$; $d_y = 0,535$

Con tabla de momentos adimensionales

$$m_n = \frac{M_n}{b_y * d_x^2 * f'_c} = \frac{0,542 MNm}{0,40 m * (0,545 m)^2 * 30 Mpa} = 0,152$$

$$k_z = 0,5 + 0,5 \sqrt{1 - \frac{0,152}{0,425}} = 0,901$$

$$A_{sx} = \frac{M_n}{z_x f'_c} = \frac{0,542 MNm}{0,901 * 0,545 m * 420Mpa} * 10^4 \frac{1cm^2}{1m^2} = 26,43 cm^2$$

$$A_{sx} = 1 \text{ } \emptyset 16 \text{ cada/} 25 \text{ cm} \quad 2,01 cm^2 * \frac{3,30 m}{0,25 m} = 26,53 cm^2$$

Adoptamos la misma armadura en ambas direcciones por ser una base centrada.

Talón de base

El talón de base debe tener una altura mayor o igual que:

$$h - K_{min} = 0,60 m - 1,475 m \text{ menor que cero}$$



$$c_c + d_{bx} + d_{by} + 0,15m = 0,05m + 0,012 m + 0,012 m + 0,15 m = 0,224m$$

Se adopta un talón de 0,25m.



Capítulo 8

Cómputo métrico, análisis de precios y presupuesto

8.1 Cómputo métrico

Para el cómputo métrico se subdividió en trabajos, rubros e ítems esenciales, agrupados y ordenados según la secuencia de ejecución. En cada ítem se evaluó las cantidades de materiales, mano de obra y equipos que serán necesarios para la materialización del proyecto.

El anteproyecto está conformado por los siguientes ítems o rubros de la obra, siendo los mismos:

Para la playa de estacionamiento

- Ítem 1 : Trabajos preliminares
- Ítem 2: Movimiento de suelos
- Ítem 3: Subrasante
- Ítem 4: Sub base
- Ítem 5: Base granular
- Ítem 6: Asiento de carpeta de rodamiento
- Ítem 7: Carpeta de rodamiento
- Ítem 8: Construcción vereda perimetral
- Ítem 9: Desagües pluviales
- Ítem 10: Casilla de vigilancia
- Ítem 11: Toldos para módulos
- Ítem 12: Instalación eléctrica

Para el edificio de estacionamiento del Campus

- Ítem 1 : Trabajos preliminares
- Ítem 2: Demoliciones
- Ítem 3: Movimiento de suelos
- Ítem 4: Estructuras de hormigón armado
- Ítem 5: Mampostería de fundación
- Ítem 6: Capa aisladora
- Ítem 7: Mampostería de elevación
- Ítem 8: Contrapisos
- Ítem 9: Revoques
- Ítem 10: Pisos
- Ítem 11: Cubierta



- Ítem 12: Instalación eléctrica
- Ítem 13: Desagües pluviales
- Ítem 14: Circulación vertical

El proceso del cómputo métrico puede observarse en la **planilla n° 6**. En dicha planilla se detallan en cada ítems, descripciones, unidades de medida y cantidades correspondientes a cada ítem, tanto para la playa de estacionamiento como para el edificio de estacionamiento del Campus - Resistencia.

8.2 Análisis de precios

Para el desarrollo del análisis de precios de cada ítems se tuvo en cuenta como primera medida el costo de la mano de obra, tomando como jornal básico la última actualización de julio del año 2.017 siendo el estipulado por la UOCRA (Unión obrera de la construcción de la República Argentina). Se analizó además el precio de los materiales incluido el transporte de los mismos y el costo de los equipos utilizados para cada ítems. Tanto para el cómputo como para el presupuesto, nos basamos en la bibliografía “Cómputo y Presupuesto” de Mario Chandías. Cabe aclarar que los precios unitarios determinados para cada ítems se obtuvieron teniendo como parámetros de control los precios unitarios tomados de obras viales y de construcción de edificios realizadas o en ejecución, el proceso de análisis de precios puede verse en las **planillas n°7** del anexo.

8.2 Presupuesto

Con las cantidades calculadas en el cómputo métrico para cada ítems y por aplicación de los precios unitarios correspondientes, se obtuvo el presupuesto de la obra a nivel de anteproyecto de la playa de estacionamiento del Campus y del edificio de estacionamiento del Campus – Resistencia, estos resultados pueden observarse en las planillas siguientes:



8.3.1 Cómputo y presupuesto de la playa de estacionamiento

Item N°	Designación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal	costo - costo /item	% de Incidencia
1	Trabajos Preliminares	gl	1,00	\$ 4.281,97	\$ 4.281,97	\$ 4.281,97	0,10%
2	Movimiento de suelos: Excavación	m³	1.499,33	\$ 69,95	\$ 104.871,85	\$ 104.871,85	2,36%
3	Subrasante: Perfilado con compactación	m²	3.535,39	\$ 166,23	\$ 587.704,08	\$ 587.704,08	13,23%
4	Subbase suelo - cal con compactación	m²	707,16	\$ 664,58	\$ 469.966,26	\$ 469.966,26	10,58%
5	Base Granular	m²	327,25	\$ 1.499,81	\$ 490.814,10	\$ 490.814,10	11,05%
6 + 7	Asiento de carpeta de rodamiento: capa de arena	m²	2181,69	\$ 784,18	\$ 1.710.833,20	\$ 1.710.833,20	38,51%
	Carpeta de rodamiento: Adoquines	m²					
7	Carpeta de rodamiento:Ripio	m²	203,115	\$ 1.477,94	\$ 300.192,26	\$ 300.192,26	6,76%
8	Construccion vereda perimetral						
	Contrapiso de H° pobre e=12cm	m²	173,83	\$ 767,50	\$ 133.414,42		
	Carpeta de nivelación	m²	173,83	\$ 123,42	\$ 21.454,29	\$ 154.868,71	3,49%
9	Desagues pluviales						
	Caño PVC Ø 60	m	10	\$ 18,00	\$ 180,00		
	Caño PVC Ø 110	m	22	\$ 45,00	\$ 990,00		
	Caño PVC Ø 160	m	21,6	\$ 117,50	\$ 2.538,00		
	Rejilla para cuneta perimetral	m²	77,10	\$ 2.000,00	\$ 154.200,00		
	Mortero de cemento para revestir cuneta	m²	38,55	\$ 47,71	\$ 1.839,08		
	Excavación cuneta perimetral	m³	19,28	\$ 420,60	\$ 8.107,07		
	Mano de obra	gl				\$ 111.822,96	\$ 279.677,10
10	Casilla de vigilancia						
	Viga de encadenado	m³	0,96	\$ 10.107,29	\$ 9.703,00		
	Columnas de H° A°	m³	0,416	\$ 11.388,99	\$ 4.737,82		
	Capa aisladora	m²	3,2	\$ 112,48	\$ 359,94		
	Contrapiso de H° pobre e=12cm	m²	16	\$ 207,15	\$ 3.314,40		
	Mampostería e= 15 cm	m²	6,24	\$ 938,88	\$ 5.858,61		
	Revoque grueso	m²	41,6	\$ 476,49	\$ 19.821,98		
	Revoque fino	m²	41,6				
	Carpintería: ventana	un	3	\$ 1.838,00	\$ 5.514,00		
	Carpintería: puerta	un	1	\$ 2.618,44	\$ 2.618,44		
	Cubierta chapa galv. N°24 s/estruct metalica y aislación termica	m²	16	\$ 689,68	\$ 11.034,88	\$ 62.963,07	1,42%
Mampostería entrada e= 15 cm	m³	3,26	\$ 934,88	\$ 3.047,71	\$ 3.047,71	0,07%	
11	Toldos para módulos	un	10	\$ 11.272,16	\$ 112.721,60	\$ 139.755,08	3,15%
		un	3	\$ 9.011,16	\$ 27.033,48		
12	Instalación eléctrica	un	25	\$ 5.359,25	\$ 133.981,25	\$ 133.981,25	3,02%
					Costo - Costo total	\$ 4.442.956,65	
					Gastos Generales (15%)	\$ 666.443,50	
					Subtotal 1	\$ 5.109.400,15	
					Beneficios (10%)	\$ 510.940,01	
					Subtotal 2	\$ 5.620.340,16	
					Impuestos (24,5%)	\$ 1.376.983,34	
					Precio Total	\$ 6.997.323,50	



8.3.2 Cómputo y presupuesto del edificio de estacionamiento

Rubro	Designación	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	Precio por rubro	% de incidencia
1	Trabajos preliminares					\$ 9.705,73	0,06%
	Cartel de obra	1,00	Un	\$ 8.252,19	\$ 8.252,19		
	Replanteo de obra	1,00	Gl	\$ 1.453,54	\$ 1.453,54		
2	Demoliciones					\$ 3.087.750,32	20,46%
	Demolición de carpeta de rodamiento existente	1248,48	m ²	\$ 2.462,12	\$ 3.073.913,19		
	Retiro de escombros	1,00	Gl	\$ 13.837,12	\$ 13.837,12		
3	Movimientos de suelo					\$ 278.972,11	1,85%
	Excavación para bases	882,50	m ³	\$ 316,12	\$ 278.972,11		
4	Estructura de hormigón armado					\$ 9.102.387,42	60,33%
	Fundaciones	189,74	m ³	\$ 5.587,86	\$ 1.060.227,46		
	Columnas	34,31	m ³	\$ 12.300,39	\$ 422.029,39		
	Vigas	86,35	m ³	\$ 14.716,98	\$ 1.270.840,80		
	Losas	537,76	m ³	\$ 11.168,23	\$ 6.005.838,21		
	Tabiques	16,59	m ³	\$ 14.214,08	\$ 235.783,13		
	Escaleras	6,40	m ³	\$ 16.823,19	\$ 107.668,43		
5	Mampostería de fundación					\$ -	0,00%
	Mampostería de ladrillos cerámicos de 20cm de espesor	0,00	m ³	\$ 2.744,05	\$ -		
6	Capa aisladora					\$ 25.980,56	0,17%
	Capa aisladora doble horizontal sellada	14,28	m ²	\$ 123,90	\$ 1.769,33		
	Capa aisladora doble vertical sellada	42,84	m ²	\$ 565,15	\$ 24.211,23		
7	Mampostería de elevación					\$ 75.954,66	0,50%
	Mampostería de ladrillos cerámicos de 15cm de espesor	22,85	m ³	\$ 3.324,35	\$ 75.954,66		
8	Contrapisos					\$ 74.311,90	0,49%
	Hormigón pobre	260,65	m ²	\$ 285,11	\$ 74.311,90		
9	Revoques					\$ 163.114,27	1,08%
	Revoque interior	629,10	m ²	\$ 215,30	\$ 135.444,14		
	Revoque exterior	128,52	m ²	\$ 215,30	\$ 27.670,13		
10	Pisos					\$ 380.509,24	2,52%
	Cemento alisado	3258,08	m ²	\$ 116,79	\$ 380.509,24		
11	Cubierta					\$ 1.154.844,00	7,65%
	Cubierta verde	1248,48	m ²	\$ 925,00	\$ 1.154.844,00		
12	Instalación eléctrica					\$ 289.399,50	1,92%
	Bocas	54,00	Un	\$ 5.359,25	\$ 289.399,50		
13	Desagües Pluviales					\$ 2.220,02	0,01%
	Bocas de desagües abiertas	1,00	Un	\$ 242,09	\$ 242,09		
	Albañales	1,00	Un	\$ 1.143,32	\$ 1.143,32		
	Conductales	1,00	Un	\$ 834,61	\$ 834,61		
14	Circulación vertical					\$ 442.881,00	2,94%
	Ascensor	1,00	Un	\$ 442.881,00	\$ 442.881,00		

Costo - Costo	\$ 15.088.030,72
Gastos generales (15%)	\$ 2.263.204,61
Subtotal 1	\$ 17.351.235,33
Beneficios (10%)	\$ 1.735.123,53
Subtotal 2	\$ 19.086.358,86
Impuestos (24,5%)	\$ 4.676.157,92
Precio Total	\$ 23.762.516,78



Capítulo 9

Evaluación económica

En la evaluación económica se relacionan los costos y los beneficios del proyecto desde el punto de vista de la economía en su conjunto. El fin de este tipo de evaluación es medir la contribución del proyecto al bienestar económico del país. Por lo tanto, la evaluación económica no analiza el flujo de fondos financiero, sino el flujo de recursos reales del proyecto. Cuantifica la contribución neta del proyecto a la generación de recursos que aportan bienestar o utilidad, para poder compararlo con otras inversiones posibles.

En dicha evaluación no se considera el flujo de dinero que generará el proyecto, sino el flujo de recursos reales. Los beneficios sociales serán los recursos que el proyecto genere y los costos sociales serán los recursos que el proyecto sacrifique, ambos valorados convenientemente en términos monetarios.

La evaluación social corrige los precios privados de los productos e insumos, y los costos, para asignarles el valor que tienen para la sociedad. Como resultado de esta evaluación, se determina si un proyecto genera un balance positivo de beneficios sociales sobre costos sociales, es decir, si es o no conveniente para la sociedad. Para esto se realizó el flujo de fondos, determinando los beneficios sociales y los costos sociales para así poder calcular los indicadores de rentabilidad económicos, siendo los siguientes:

- Valor Actual Neto (VAN): expresa en términos monetarios, traídos a valor presente, los beneficios netos totales que generará el proyecto. Es decir, indica cuánto dinero de ganancia extra generará un proyecto, comparado con la mejor alternativa de inversión disponible y el monto de dinero resultante está expresado a valores de hoy.
- Tasa Interna de Retorno (TIR): expresa en términos porcentuales la rentabilidad social anual que generará el proyecto.
- Relación Beneficio/Costo

9.1 Beneficios Sociales

Los beneficios sociales serán tomados como los recursos que el anteproyecto genere para la sociedad, para esto se identificaron los aspectos más relevantes que generará el proyecto, siendo los mismos:

1. Optimización del tiempo que requiere el usuario para entrar y salir del Campus – Resistencia, evitando el congestionamiento vehicular a la salida del mismo.
2. Valoración del estacionamiento del Campus por parte de los usuarios.



3. Asimilando los probables daños que ocasiona dejar el vehículo en la vía pública por inseguridad, se analiza el costo monetario que lleva la reparación del vehículo por tal situación.

Para nuestro caso, como se trata de una obra pública, ya que pertenece a un proyecto dentro del Campus universitario de la UNNE, por lo general las personas no poseen un criterio para poder realizar una valoración ya que atribuyen que el estado debe proveer todos los servicios sin exigir un pago alguno.

Una manera de medir el valor de la obra para toda la sociedad, es aplicar el método de la valoración contingente, este trata de obtener el valor de un bien o servicio para el que no existe un mercado, por lo tanto, se trata de simular un mercado mediante una encuesta a los usuarios o consumidores potenciales. Se les pregunta por la máxima cantidad de dinero que estarían dispuestos a pagar por el bien o servicio si tuvieran que alquilarlo o comprarlo, como hacen con el resto de bienes. Es decir emplea técnicas de entrevista para estimar el beneficio económico de bienes sin mercado. En este caso, se realizó encuestas a los beneficiarios de la obra en cuestión para estimar cuanto es el máximo valor que está dispuesto a pagar (o resignar) por la utilización del mismo.

Para poder cuantificar de alguna manera el valor de la obra para la comunidad se mide el gasto que el usuario genera para la adquisición del estacionamiento, tomando como costos:

- El costo del tiempo que demora el usuario para entrar y salir del Campus, expresado en términos monetarios, es el valor que se le atribuye al tiempo que invierte una persona en tiempo de espera, incluyendo el costo operativo del vehículo (combustible, además gastos inherentes al mantenimiento del mismo, como son el seguro vehículo, reparaciones, impuestos) e incluyendo el tiempo de demora en término monetario como un porcentaje del salario promedio de las personas que concurren al Campus.
- El precio que estaría dispuesto a pagar por la adquisición del estacionamiento.

Análisis del punto 1

De acuerdo a estudios de campos realizados en el Campus, análisis que puede revisarse en el capítulo 2 de este trabajo, se observó que en horas pico entre las 8:00 h - 9:00 h y de 16:00 h - 17:00:00 h se produce el mayor volumen de ingreso de vehículos al Campus, valor que ronda en promedio los 234 veh/h y a la salida del Campus se produce el mayor volumen entre las 11:30h – 12:30 h y de 18:00h – 19:00 h, valor que ronda los 209 veh/ h. En los horarios de entrada el sistema se encuentra colapsado, por lo que el vehículo debe en muchos casos tener que salir y volver a entrar al Campus o recorrer todo el circuito de circulación del mismo para poder ubicarse, generando este tipo de situaciones una demora promedio de unos **10 minutos**. En cuanto a la salida de los vehículos se produce congestión del tránsito en el punto de



salida por la Av. Las Heras, en las horas pico, que lleva a una demora en tiempo de unos **5 minutos** observando que se genera la acumulación de los vehículos y que se pierde el paso permitido en verde del semáforo que se encuentra por la Av. Las Heras. A través de este análisis para determinar el valor monetario del beneficio, se identificaron los siguientes factores: cantidad vehículos promedio a la entrada y salida del mismo, el tiempo de demora, sueldo promedio de docente y no docente que concurre al Campus, valor del combustible.

- Factores analizados:
- Precio del combustible: 21 \$/L
- Cantidad de vehículos a la entrada: 234 veh/h
- Cantidad de vehículos a la salida: 209 veh/h
- Consumo de vehículo tipo: 7,1 L/ 100 Km/h
- Tiempo de demora a la entrada: 10 minutos = 0,17 h
- Tiempo de demora a la salida: 5 minutos = 0,083h
- Longitud del circuito de circulación del Campus: 970 m = 0,97 Km
- Sueldo promedio de docente universitario (Adj. semi exclusivo): 20.000 \$/mes
- Sueldo promedio de personal con título secundario completo: 9500 \$/mes

Se realizaron los siguientes cálculos para obtener el valor del beneficio:

Análisis por gasto de combustible:

Entrada al Campus:

precio del combustible * consumo vehículo tipo * tiempo de demora =

$$21 \frac{\$}{\text{L}} * \frac{2,13\text{L}}{30 \text{ km/h}} * \frac{1}{0,17 \text{ h}} = 8,80 \frac{\$}{\text{km. vehículo}}$$

$$8,80 \frac{\$}{\text{km. vehículo}} * \text{longitud del circuito} = 8,80 \frac{\$}{\text{km. vehículo}} * 0,97 \text{ km} = 8,54 \frac{\$}{\text{vehículo}}$$

$$\text{Cantidad de vehículos} * 8,54 \frac{\$}{\text{vehículo}} = 234 \frac{\text{vehículos}}{\text{hs}} * 8,54 \frac{\$}{\text{vehículo}} = \frac{1.998,36\$}{\text{h}}$$

Como solo el 25 % de los vehículos que ingresan no encuentra lugar será:

$$\frac{1.998,36 \$}{\text{h}} * 0,25 = 499,59 \frac{\$}{\text{h}} * \frac{2\text{h}}{\text{día}} = 999,20 \frac{\$}{\text{día}}$$

Considerando que en promedio esto se da solo tres veces por semana será:



$$999,20 \frac{\$}{\text{día}} * \frac{3\text{días}}{\text{semana}} = 2.997,54 \frac{\$}{\text{semana}}$$

Para todo el año será:

$$2.997,54 \frac{\$}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{9 \text{ meses}}{\text{año}} = \mathbf{107.911,44} \frac{\$}{\text{año}}$$

Salida del Campus:

precio del combustible * consumo vehículo tipo * tiempo de demora =

$$21 \frac{\$}{\text{lbs}} * \frac{0,71 \text{ L}}{10 \text{ km/h}} * \frac{1}{0,083\text{h}} = 17,96 \frac{\$}{\text{km. vehículo}}$$

$17,96 \frac{\$}{\text{km. vehículo}}$ * distancia recorrida durante el congestionamiento

$$17,96 \frac{\$}{\text{km. vehículo}} * 0,064 \text{ km} = 1,15 \frac{\$}{\text{vehículo}}$$

$$\text{Cantidad de vehículos} * 1,15 \frac{\$}{\text{vehículo}} = 209 \frac{\text{vehículos}}{\text{h}} * 1,15 \frac{\$}{\text{vehículo}} = \frac{240,4\$}{\text{h}}$$

Como solo el 40 % de los vehículos que salen demora por el congestionamiento:

$$\frac{240,4 \$}{\text{h}} * 0,40 = 96,16 \frac{\$}{\text{h}} * \frac{2\text{h}}{\text{día}} = 192,32 \frac{\$}{\text{día}}$$

Considerando que en promedio esto se da solo tres veces por semana será:

$$192,32 \frac{\$}{\text{día}} * \frac{3\text{días}}{\text{semana}} = 576,96 \frac{\$}{\text{semana}}$$

Para todo el año será:

$$576,96 \frac{\$}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{9 \text{ meses}}{\text{año}} = \mathbf{20.770,56} \frac{\$}{\text{año}}$$

Análisis por “gasto” de salario de los usuarios que concurren al Campus:

Datos: Salario promedio Adj. semi exclusivo: 20.000\$/mes

Salario promedio personal c/ título secundario: 9500 \$/mes

Estos datos fueron obtenidos de <http://codiunne.org.ar/planillas-sueldos-docentes-universitarios-y-preuniversitarios>.



Entrada al Campus:

Por docente:

salario promedio docente * tiempo de demora =

$$417 \frac{\$}{\text{hora. persona}} * 0,17 \text{ hs} = 70,90 \frac{\$}{\text{persona}}$$

Considerando que solo el 10 % es personal docente y además se observo un vehículo por persona será:

$$234 \frac{\text{personas}}{\text{h}} * 0,10 * 70,90 \frac{\$}{\text{persona}} = 1.659,1 \frac{\$}{\text{h}}$$

Como solo el 25 % de los vehículos que ingresan no encuentra lugar será:

$$\frac{1.659,10 \$}{\text{h}} * 0,25 = 414,80 \frac{\$}{\text{h}} * \frac{2\text{h}}{\text{día}} = 829,60 \frac{\$}{\text{día}}$$

Considerando solo tres veces por semana será:

$$829,60 \frac{\$}{\text{día}} * \frac{3\text{días}}{\text{semana}} = 2.488,65 \frac{\$}{\text{semana}}$$

Para todo el año será:

$$2.488,65 \frac{\$}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{9 \text{ meses}}{\text{año}} = \mathbf{89.591,40} \frac{\$}{\text{año}}$$

Por estudiante:

salario promedio no docente * tiempo de demora

$$59,4 \frac{\$}{\text{hora. persona}} * 0,17 \text{ h} = 10,10 \frac{\$}{\text{persona}}$$

Considerando que el 72 % de los usuarios son estudiantes y además se observo un vehículo por persona será:

$$234 \frac{\text{personas}}{\text{h}} * 0,72 * 10,10 \frac{\$}{\text{persona}} = 1.701,65 \frac{\$}{\text{h}}$$

Como solo el 25 % de los vehículos que ingresan no encuentra lugar será:



$$\frac{1.701,65 \$}{h} * 0,25 = 425,41 \frac{\$}{h} * \frac{2h}{día} = 850,83 \frac{\$}{día}$$

Considerando solo tres veces por semana será:

$$850,83 \frac{\$}{día} * \frac{3días}{semana} = 2.552,50 \frac{\$}{semana}$$

Para todo el año será:

$$2.552,50 \frac{\$}{semana} * \frac{4 semanas}{mes} * \frac{9 meses}{año} = \mathbf{91.889,10 \frac{\$}{año}}$$

Salida del Campus:

Por estudiante:

*salario promedio no docente * tiempo de demora =*

$$59,4 \frac{\$}{hora.persona} * 0,083 h = 4,93 \frac{\$}{persona}$$

Considerando que el 72 % de los usuarios son estudiantes y además se observo un vehículo por persona será:

$$234 \frac{personas}{h} * 0,72 * 4,93 \frac{\$}{persona} = 830,61 \frac{\$}{h}$$

Como solo el 40 % de los vehículos que salen demora por el congestionamiento:

$$\frac{830,61 \$}{h} * 0,40 = 332,24 \frac{\$}{h} * \frac{2h}{día} = 664,48 \frac{\$}{día}$$

Considerando solo tres veces por semana será:

$$664,48 \frac{\$}{día} * \frac{3días}{semana} = 1.993,44 \frac{\$}{semana}$$

Para todo el año será:

$$1.993,44 \frac{\$}{semana} * \frac{4 semanas}{mes} * \frac{9 meses}{año} = \mathbf{71.763,84 \frac{\$}{año}}$$

Por Docente:

*salario promedio docente * tiempo de demora*



$$417 \frac{\$}{\text{hora.persona}} * 0,083 \text{ hs} = 34,61 \frac{\$}{\text{persona}}$$

Considerando que solo el 10 % es personal docente y además se observo un vehículo por persona será:

$$234 \frac{\text{personas}}{h} * 0,10 * 34,61 \frac{\$}{\text{persona}} = 809,87 \frac{\$}{h}$$

Como solo el 40 % de los vehículos que salen demora por el congestionamiento:

$$\frac{809,87 \$}{h} * 0,40 = 323,95 \frac{\$}{h} * \frac{2h}{\text{día}} = 647,9 \frac{\$}{\text{día}}$$

Considerando solo tres veces por semana será:

$$647,9 \frac{\$}{\text{día}} * \frac{3\text{días}}{\text{semana}} = 1.943,7 \frac{\$}{\text{semana}}$$

Para todo el año será:

$$1.943,7 \frac{\$}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{9 \text{ meses}}{\text{año}} = 69.973,2 \frac{\$}{\text{año}}$$

El beneficio total para el punto 1 será = **451.899,54 \$/ año**

Análisis del punto 2

De acuerdo a encuestas realizadas que se describen en capítulos anteriores se pudo establecer cuanto es el precio que estaría dispuesto a pagar el usuario por el uso del estacionamiento durante una jornada en el Campus, y cuál es el porcentaje de los mismos. Mediante este estudio se identificaron los factores más relevantes a tener en cuenta para la correcta determinación del valor monetario como beneficio social de acuerdo a la valoración que le asignan los usuarios al estacionamiento del Campus -Resistencia. Estimando como los elementos los siguientes:

- Precio promedio que estaría dispuesto a pagar durante una jornada (4h ó más): \$12
- Porcentaje de respuestas afirmativas al pago: 60 %
- Cantidad de plazas nuevas: 177 módulos

Los cálculos realizados fueron los siguientes:

Cantidad de plazas dispuestas a pagar por día = 177 plazas * 0,60 = 106 plazas

$$\text{Valor total de plazas por día} = 106 \text{ plazas} * 12 \frac{\$}{\text{plaza} * \text{día}} = 1.272 \frac{\$}{\text{día}}$$



$$\text{Valor total de plazas por semana} = 1.272 \frac{\$}{\text{día}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = \frac{6.360 \$}{\text{semana}}$$

$$\text{Valor total de plazas por año} = 6.360 \frac{\$}{\text{semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{\text{mes}} * \frac{9 \text{ meses}}{\text{año}} = \mathbf{228.960} \frac{\$}{\text{año}}$$

El beneficio total para el punto 2 será: **228.960 \$/ año**

Análisis del punto 3

Debido a que muchas veces dejar el vehículo en la vía pública lleva a daños ocasionados por la inseguridad que se vive, se estimo el costo que lleva la reparación de un vehículo tipo, valorando los siguientes factores:

Precio promedio de un vehículo tipo usado: 200.000 \$

Porcentaje promedio del valor del vehículo por reparación de daños habituales: 6,5%

$$0,065 * \frac{200.000\$}{\text{automovil}} = \frac{13.000\$}{\text{automovil}}$$

$$\frac{13.000\$}{\text{automovil}} * 177 \text{ plazas} = 2.301.000 \text{ \$/año}$$

Como valor final, se obtendría del nuevo estacionamiento, un beneficio anual para la comunidad de **\$ 2.981.589,54 \$/año**

9.2 Costos sociales

Los costos sociales consisten en el beneficio que deja de percibir la sociedad o el sacrificio que ella sufre por la ejecución o adquisición de un determinado bien o servicio que le provee el Estado o los particulares. Conforman todos aquellos costos económicos generados por la materialización de la obra, es decir, los recursos sacrificados para la ejecución del estacionamiento del Campus, considerando todos los ítems que se deberán realizar para llevar a cabo tanto la playa de estacionamiento como el edificio de estacionamiento.

Según la bibliografía Ingeniería Económica de los autores - Jimenez Boulanger, Espinoza Gutierrez, Leonel Fonseca – Retana, para determinar los precios o costos sociales se deben evaluar los siguientes elementos:

- El precio social de la divisa
- La tasa social de descuento
- Costo social de la mano de obra por tipo.

Conforme a esto se determinó dichos factores:



9.2.1 Valor social de la divisa

Para realizar la evaluación social se requiere calcular el precio social de la divisa para todo proyecto que sustituya importaciones en las que utiliza insumos importados, pues es esencial determinar si un proyecto que requiere de divisas para su producción, genera beneficios que compensen el costo de las divisas.

Al estudiar el valor social de la producción de bienes y el costo social de insumos que son transables internacionalmente, se vio que el precio social resultante en ambos casos era igual a la cantidad de divisas que el país ganaba o perdía debido al proyecto, por cada unidad del bien (π) multiplicado por el tipo de cambio R. Matemáticamente:

$$P^* = \pi \cdot R$$

En términos generales, el precio social de un bien transable en el mercado internacional es:

$$P^* = \pi \cdot R^*$$

donde π es el precio internacional en moneda extranjera, CIF en el caso de bienes importables y FOB para exportables. En ambos casos el precio internacional en moneda extranjera, debe ser multiplicado por el verdadero valor que tiene para el país una divisa.

$$R^* = R \cdot \left[\frac{(M + Ti) + (X + Sx)}{M + X} \right]$$

Donde:

R*: Precio social de la divisa.

R: Precio de mercado de la divisa.

M: Valor CIF de las importaciones.

X : Valor FOB de las exportaciones.

Ti: Ingresos por derechos o impuestos de importación en todo concepto.

Sx: Subsidios a las exportaciones (los derechos o impuestos a las exportaciones deben considerarse como subsidios negativos).

La información utilizada, es la siguiente:

Según el INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), el intercambio comercial Argentino durante el año 2.016, arrojó un monto de 57.733 millones US\$ en exportaciones y 55.610 millones US\$ en importaciones. Considerando un cambio de 17,60 \$/US\$ se tiene:



Tabla n° 47. Valor anual de las exportaciones e importaciones

Concepto	Pesos
M: exportaciones total FOB - Año 2.016	1.016.100,80 billones de pesos
X: importaciones total CIF - Año 2.016	978.736 millones de pesos

(fuente: INDEC - Instituto Nacional de Estadística y Censos - Balance Año 2.016 <http://www.indec.gob.ar>)

De acuerdo a la AFIP durante el mismo periodo se recaudó 71.509 millones de pesos en impuestos por derecho a la exportación y 55.305 millones de pesos por impuestos en derecho a la importación.

Tabla n° 48. Ingresos por derecho a exportaciones e importaciones

Concepto	Pesos
Ti: recaudación por derecho a la exportación - Año 2.016	71.509 millones de pesos
Sx: recaudación por derecho a la importación - Año 2.016	55.305 millones de pesos

(fuente: AFIP - Administración Federal de Ingresos Publico - Balance Año 2.016. <http://www.afip.gob.ar/estudios>)

Sustituyendo en la fórmula, se obtiene que el valor social de la divisa será:

$$R^* = R \cdot \left[\frac{(M + Ti) + (X + Sx)}{M + X} \right]$$

$$R^* = 1,01 \cdot R$$

9.2.2 Costo social de la mano de obra

Para determinar el costo o precio social de la mano de obra (PSMO), se tomara el costo de oportunidad del factor trabajo. El hecho de tomar este concepto es que normalmente sólo existirá discordancia entre el precio de mercado y el PSMO, si existe desempleo.

Generalmente existe movilidad de la mano de obra calificada y dada la escasez de esta categoría de mano de obra, normalmente no se observa desempleo forzoso, por lo que el precio de mercado es representativo del (PSMO) calificada.

Debido a que en general se dispone como única información para el cálculo del PSMO es la tasa de desocupación, se estima el PSMO a través de la aplicación de las “funciones de respuesta” (probabilidad de ocupar M.O. no calificada, previamente desocupada), el cual puede observarse en la siguiente figura:

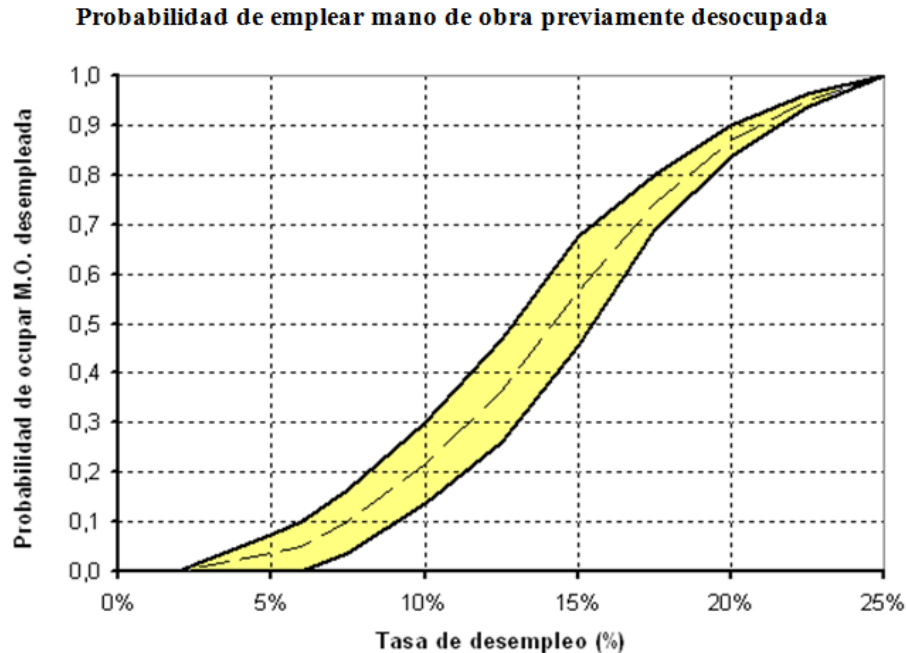


Grafico n° 24.Funciones de respuesta dada Robert Haveman en su trabajo “Evaluating Public Expenditures under conditions of Unemployment”. (fuente: cátedra Economía y Evaluación de Proyectos).

Bajo estas circunstancias, el precio social de la mano de obra puede estimarse como:

$$PSMONC = PMMONC. (1 - p) + p. COMONCD$$

Donde:

PSMONC: precio social de la mano de obra no calificada.

PMMONC: precio de mercado de la mano de obra no calificada.

p: probabilidad de emplear mano de obra desempleada. (grafico n°24).

COMONCD: costo de oportunidad de la mano de obra no calificada desempleada.

De acuerdo a información extraída del INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) estima que la tasa de desempleo para la región noreste ha sido para el segundo trimestre del año 2.017 de 9,2 %.Ingresando con este valor a la figura anterior se obtiene un valor de p medio igual a 0,18.

Si la mano de obra está desempleada, en ese momento su contribución a la producción es cero y no conlleva costos adicionales (costo marginal) por lo que el precio social estrictamente es cero, es decir, COMONCD es igual a cero.

De acuerdo a esto el precio social de la mano de obra no calificada será:



$$PSMONC = PMMONC. (1 - 0,18)$$

Precio social de la M.O no calificada = Precio de mercado de M.O no calificada * 0,82

9.2.3 Calculo de costos sociales totales

Para determinar el costo total social a partir del financiero se tomaron los costos financieros de la obra, compuesto por todos los ítems de la misma y se multiplicaron por los coeficientes de corrección de mano de obra no calificada, y los insumos transables (comercializable internacionalmente) por el coeficiente de corrección de la divisa. De acuerdo a esto se obtuvo:

- Costo social para la playa de estacionamiento es : \$ **4.278.022,45**
- Costo social para el edificio de estacionamiento es: \$ **11.941.452,46**
- El costo social total es de \$ **16.219.474,91**

Esto se expresa en las planillas n° del anexo.

9.3 Indicadores de rentabilidad

Un proyecto será rentable si, considerando la tasa de descuento relevante para el proyecto, el valor presente de los beneficios sociales generados por el proyecto es mayor que el valor presente de los costos sociales. A través de este flujo se determinó los indicadores de rentabilidad: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio/Costo (B/C). Para esto se consideró:

- Un horizonte de proyecto de 10 años.
- La inversión se realiza a lo largo del primer año estimado de construcción y sus beneficios se consideran a partir de la fecha de inauguración y distribuidos en toda la vida útil de la obra.
- La tasa de descuento adoptada será la acordada entre el gobierno Argentino y el Banco Interamericano de desarrollo para proyectos de este tipo, igual a 12%.

A continuación se muestra en la tabla el análisis de flujos de beneficios sociales y costos sociales:



Tabla n° 49.Flujo de beneficios netos

Año	Costo Social de la obra \$/Año	Beneficios Sociales \$/Año	Valor Residual Inversiones	Flujo Ben.Netos CP - SP \$/Año
2017	-\$16.219.474,91			-\$16.219.475
2018		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2019		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2020		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2021		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2022		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2023		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2024		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2025		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2026		\$2.981.589,54		\$2.981.590
2027		\$2.981.589,54		\$2.981.590
			\$1.621.947	\$1.621.947

VAN 12%	\$ 1.093.442,12
TIR	14%
B/C	1,84

Conclusión

De acuerdo al análisis puede observarse que los indicadores socioeconómicos, dan como resultado un VAN mayor a cero, una TIR mayor a la tasa de descuento (12%) y la relación beneficios-costos mayor que uno, por lo que podemos decir que el anteproyecto del estudio del estacionamiento del Campus - Resistencia planteado es conveniente desde el punto de vista social.



Bibliografía

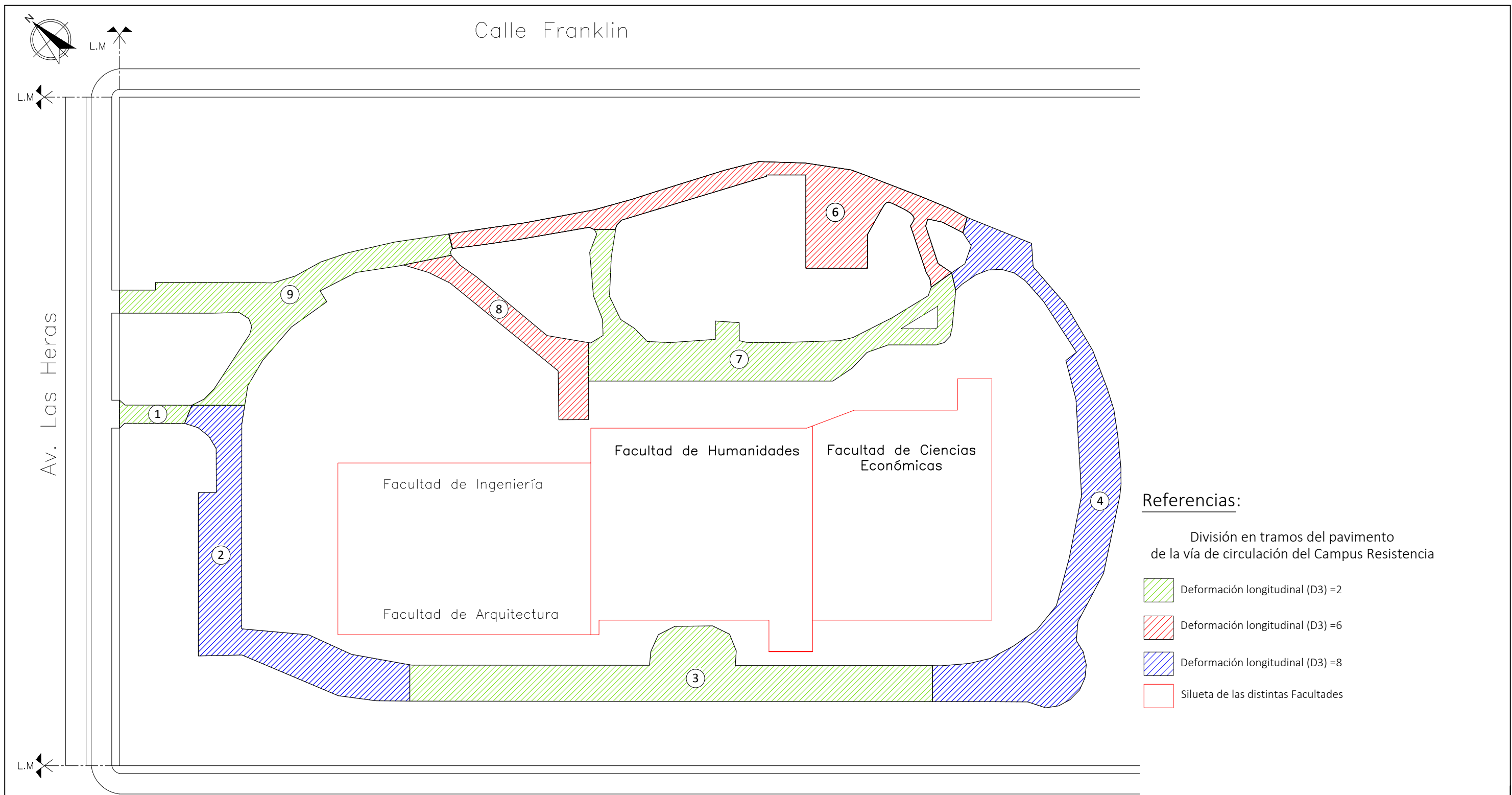
- Administración Federal de Ingresos Públicos (2017). *Recaudación tributaria*. Recuperado de <http://www.afip.gob.ar/estudios/documentos/recaudacion.Mensual.pdf>.
- Chow, VT, Maidment, D R, Mays, L, W (s f). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: MacGRA W- HILL
- Cruz Toral, R (1988). *Manual para el diseño de estacionamiento*. México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.
- Felizia, J. y Felizia, L. (2010). *Manual de características básicas*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario.
- Guía AASHTO para el *diseño de estructuras de pavimentos: 1993*. (1997). Lima: IDPP.
Instituto del Cemento y de Hormigón de Chile (s f). *Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón*. Santiago: ICPH.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2017). *Población, economía*. Recuperado de <https://www.indec.gob.ar/>.
- Instituto Nacional de Tecnología Industria .CIRSOC 201 (2005), CIRSOC 101 (2005), CIRSOC 102 (2005).Recuperado de https://www.inti.gob.ar/cirsoc/reglamentos_aprob.htm.
- Mills, E. D (s f). *La gestión del proyecto en arquitectura*. Barcelona: Gili.
- Möller, O. (s f). *Hormigón Armado: conceptos básicos y diseño de elementos con aplicación del reglamento CIRSOC 201 – 2005*. Rosario: Universidad Nacional del Rosario.
- Observatorio Nacional de Datos de Transporte (2016).Parque automotor de la provincia del Chaco. Recuperado de <http://ondat.fra.utn.edu.ar/?p=931>.
- Orler, R. y Donini, H J (s f). *Introducción al Cálculo de Hormigón Estructural*. Buenos Aires: Nobuko.
- Reglamento de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias e Industriales de Obras Sanitarias de la Nación (sf).
- Reglamento General de Construcciones de la ciudad de Resistencia – Chaco (1990).
- Tucci, C.E.M., Porto, R. y Barro, M.T. (1995). *Drenagem Urbana* .Porto Alegre: UFRGS.
- Universidad Nacional del Nordeste (2016).Estadísticas del crecimiento poblacional estudianten. Recuperado de http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/estudiantes2015.pdf.
- Universidad Nacional del Nordeste (2016).Estadísticas del crecimiento poblacional de docentes.



Recuperado de http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/docente2016.pdf.

Universidad Nacional del Nordeste (2016). Estadísticas del crecimiento poblacional de no docentes.

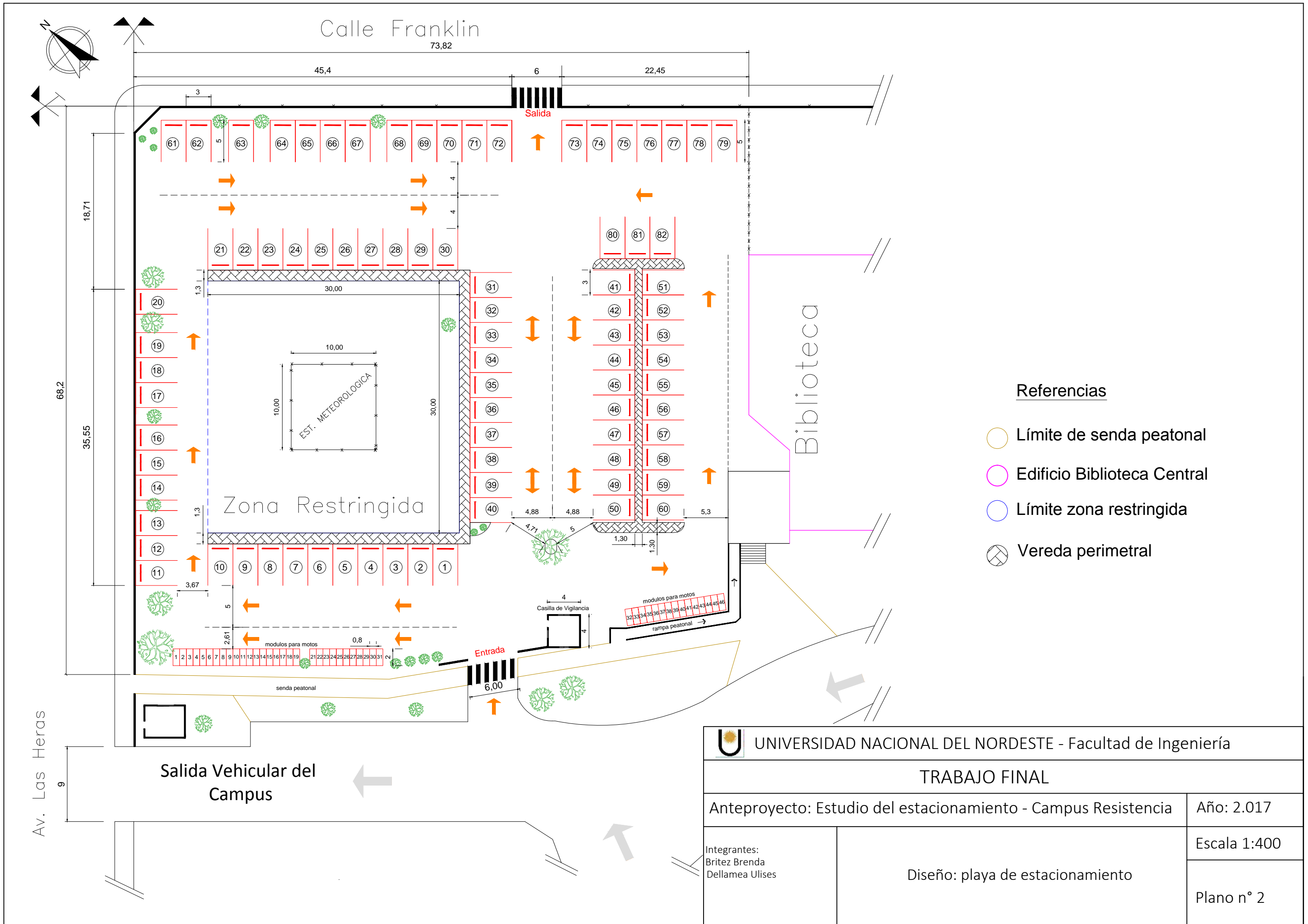
Recuperado de http://www.unne.edu.ar/conociendo/doc_estadisticas/nodocente2016.pdf.



- Referencias:**
- División en tramos del pavimento de la vía de circulación del Campus Resistencia
 - Deformación longitudinal (D3) =2
 - Deformación longitudinal (D3) =6
 - Deformación longitudinal (D3) =8
 - Silueta de las distintas Facultades

Av. Juan Jose Castelli

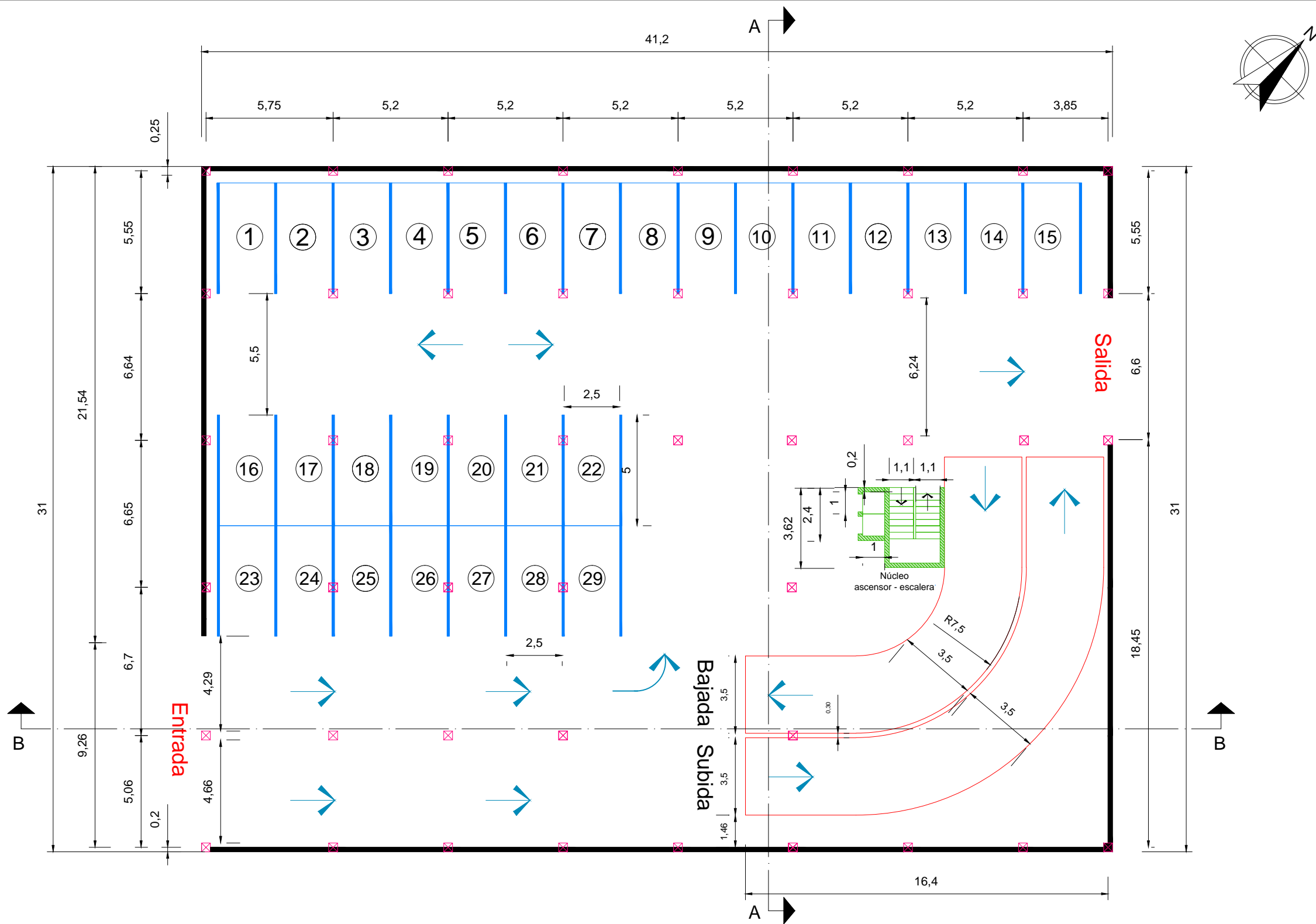
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia		Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Planimetría del pavimento de circulación vehicular del Campus Resistencia UNNE.	Escala 1:1500
		Plano n°1




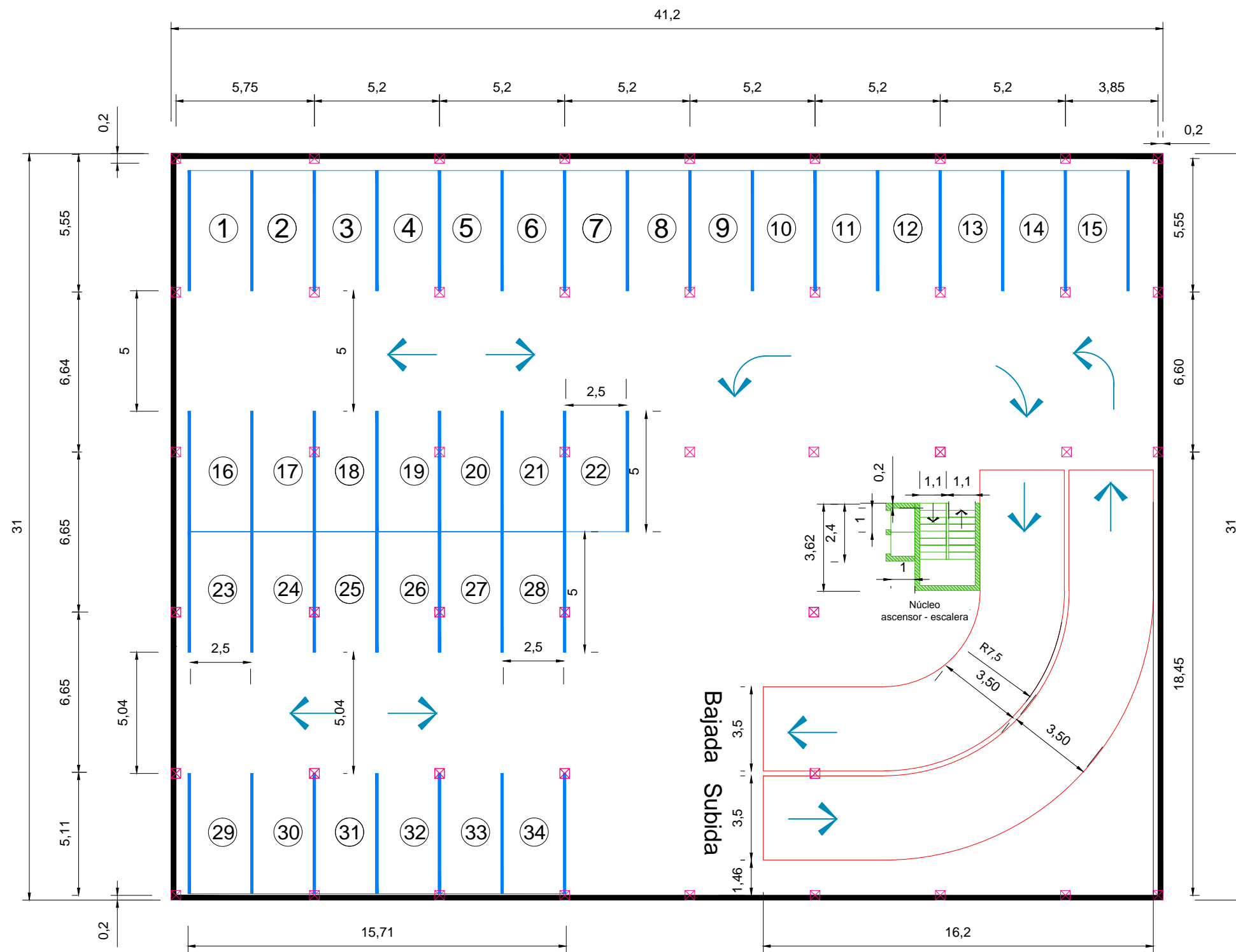
Referencias


- Límite de senda peatonal
- Edificio Biblioteca Central
- Límite zona restringida
- Vereda perimetral

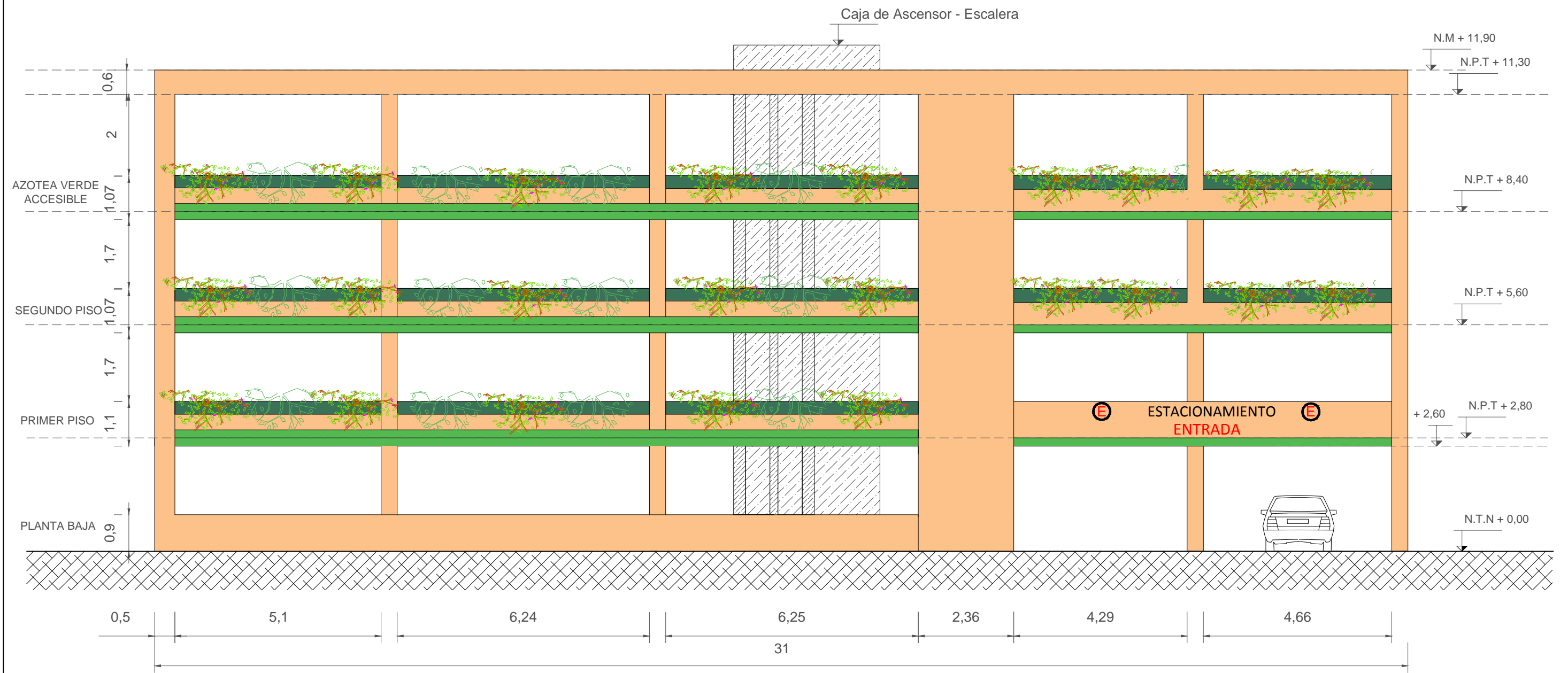
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia	Año: 2.017	
Integrantes: Brites Brenda Dellamea Ulises	Diseño: playa de estacionamiento	Escala 1:400 Plano n° 2




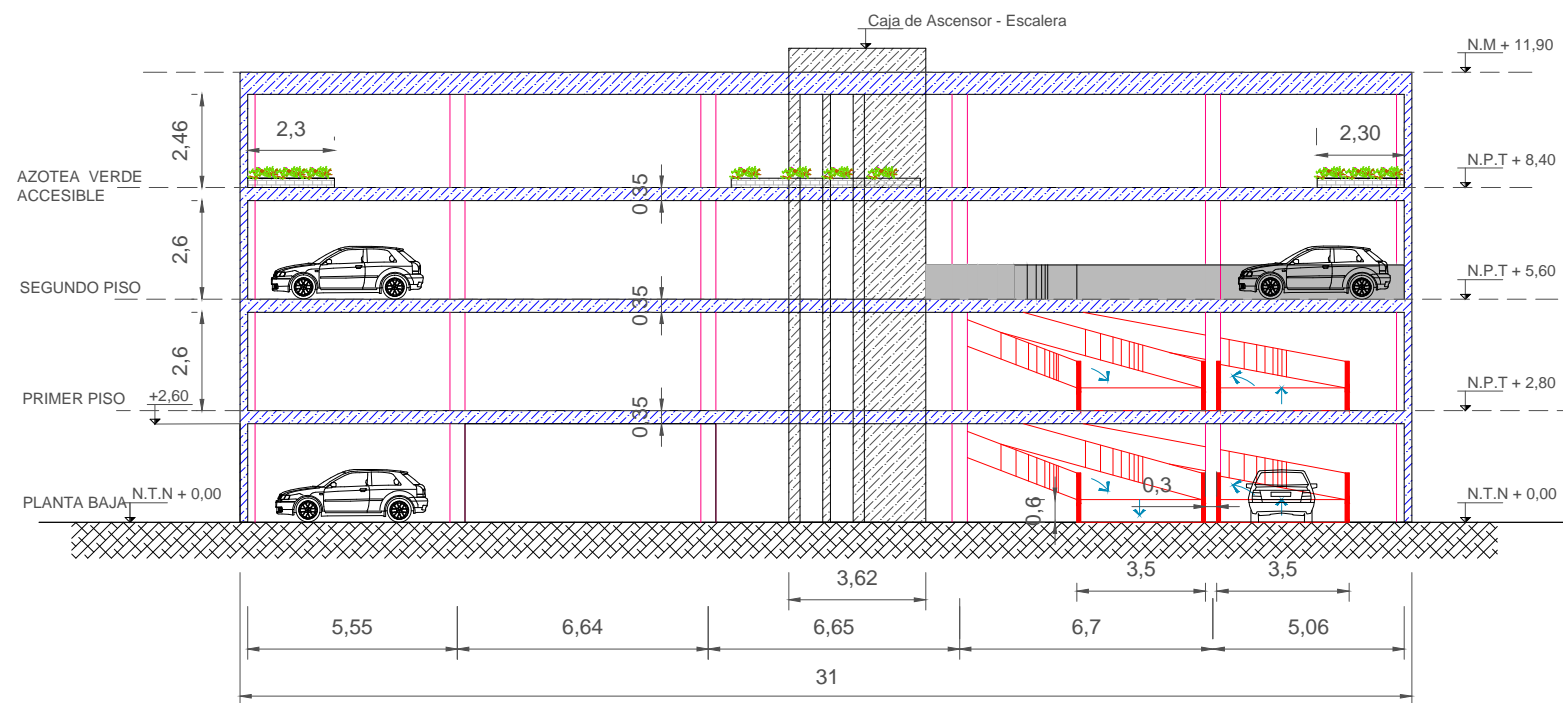
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería	
TRABAJO FINAL	
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia	Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Diseño arquitectónico del edificio: planta baja
	Escala 1:200 Plano n° 3



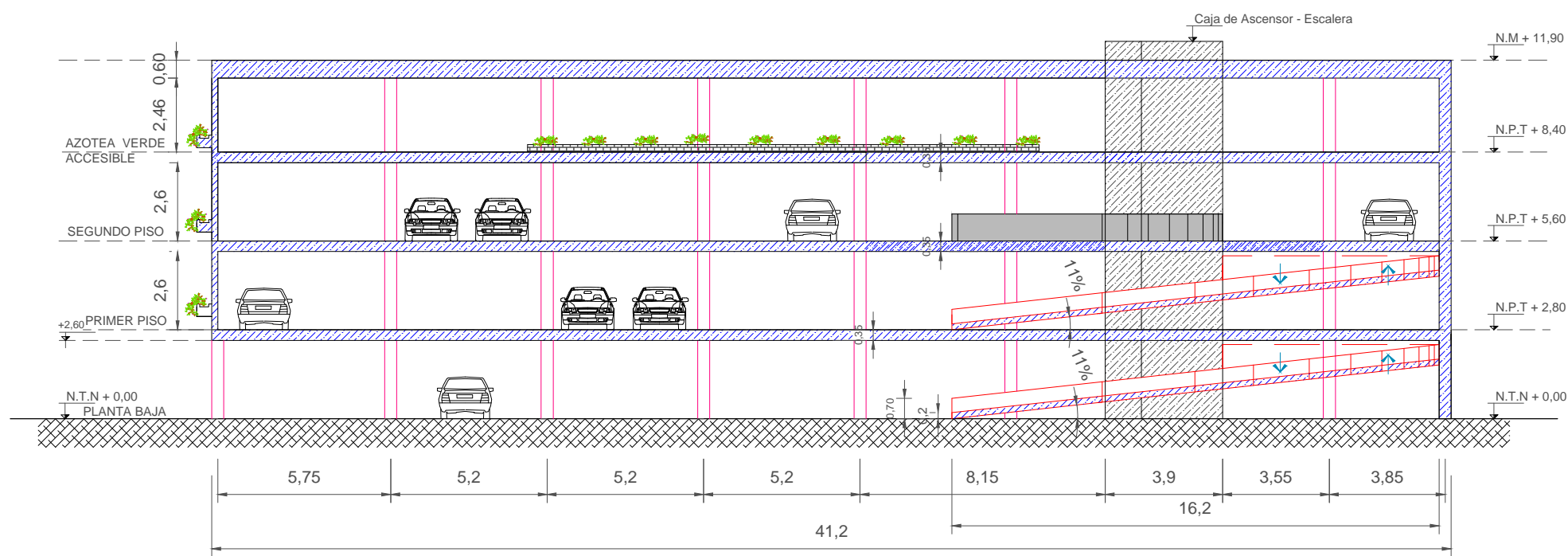
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia		Año: 2.017
Integrantes: Britz Brenda Dellamea Ulises	Diseño arquitectónico del edificio: planta tipo	
		Plano n°4




 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería	
TRABAJO FINAL	
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia	
Año: 2.017	
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Diseño arquitectónico del edificio: fachada
	Escala 1:100 Plano n°5

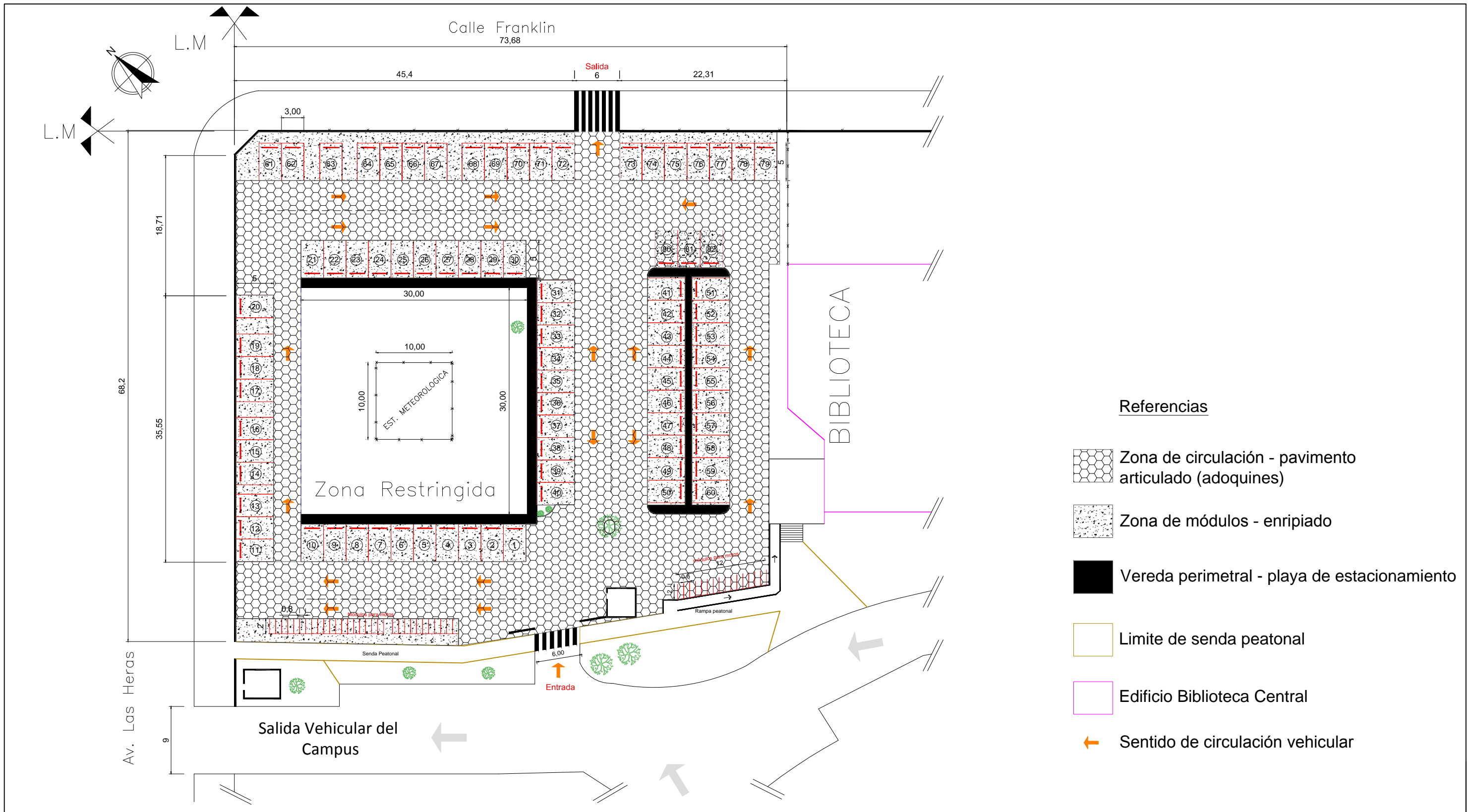


CORTE A - A










CORTE B - B

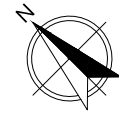
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia		Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Diseño arquitectónico: corte A - A corte B - B	
	Escala 1:200 Plano n°6	



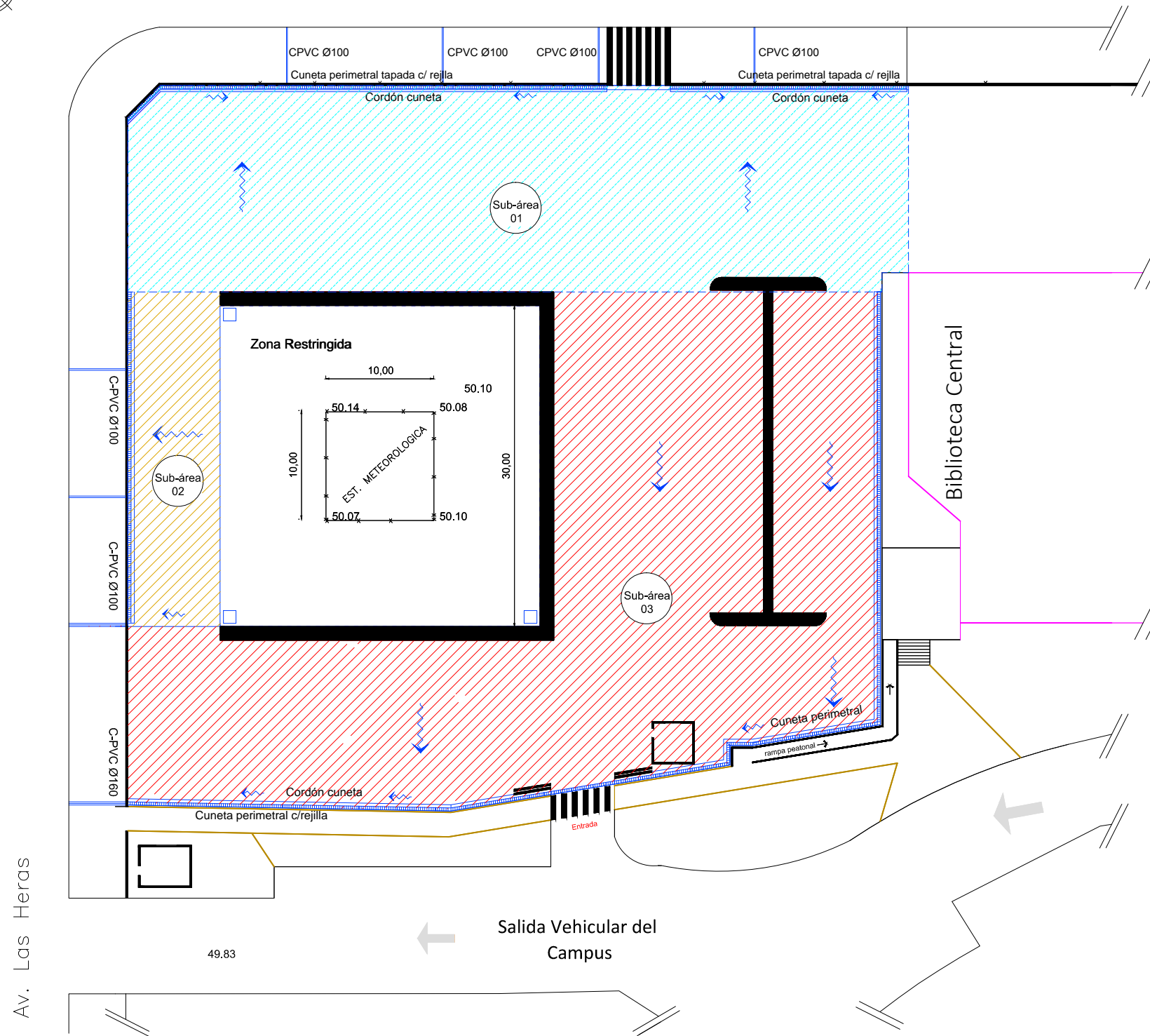
Referencias

-  Zona de circulación - pavimento articulado (adoquines)
-  Zona de módulos - enripiado
-  Vereda perimetral - playa de estacionamiento
-  Limite de senda peatonal
-  Edificio Biblioteca Central
-  Sentido de circulación vehicular

 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia		Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Superficie de rodamiento de la playa de estacionamiento	Escala 1:500
		Plano n°7



Calle Franklin



Referencias

- Cuneta perimetral de H° -ancho de fondo: 0,25m -tirante: 0,25m
- Límite de las sub-áreas
- Sentido de escurrimiento
- Cota suelo natural
- Silueta edificio - Biblioteca Central
- Vereda perimetral



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería

TRABAJO FINAL

Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia

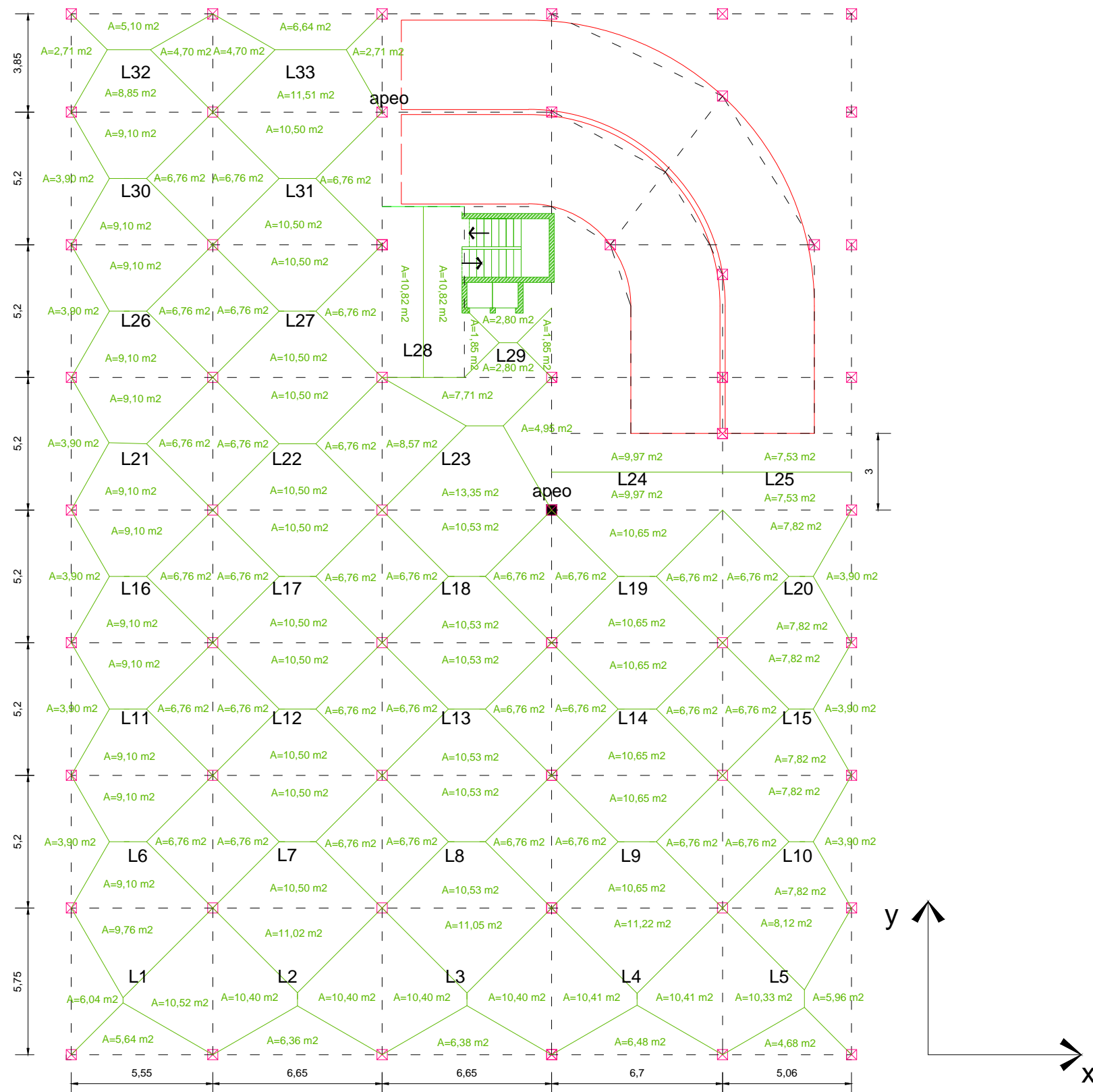
Año: 2.017


Integrantes:
Britez Brenda
Dellamea Ulises

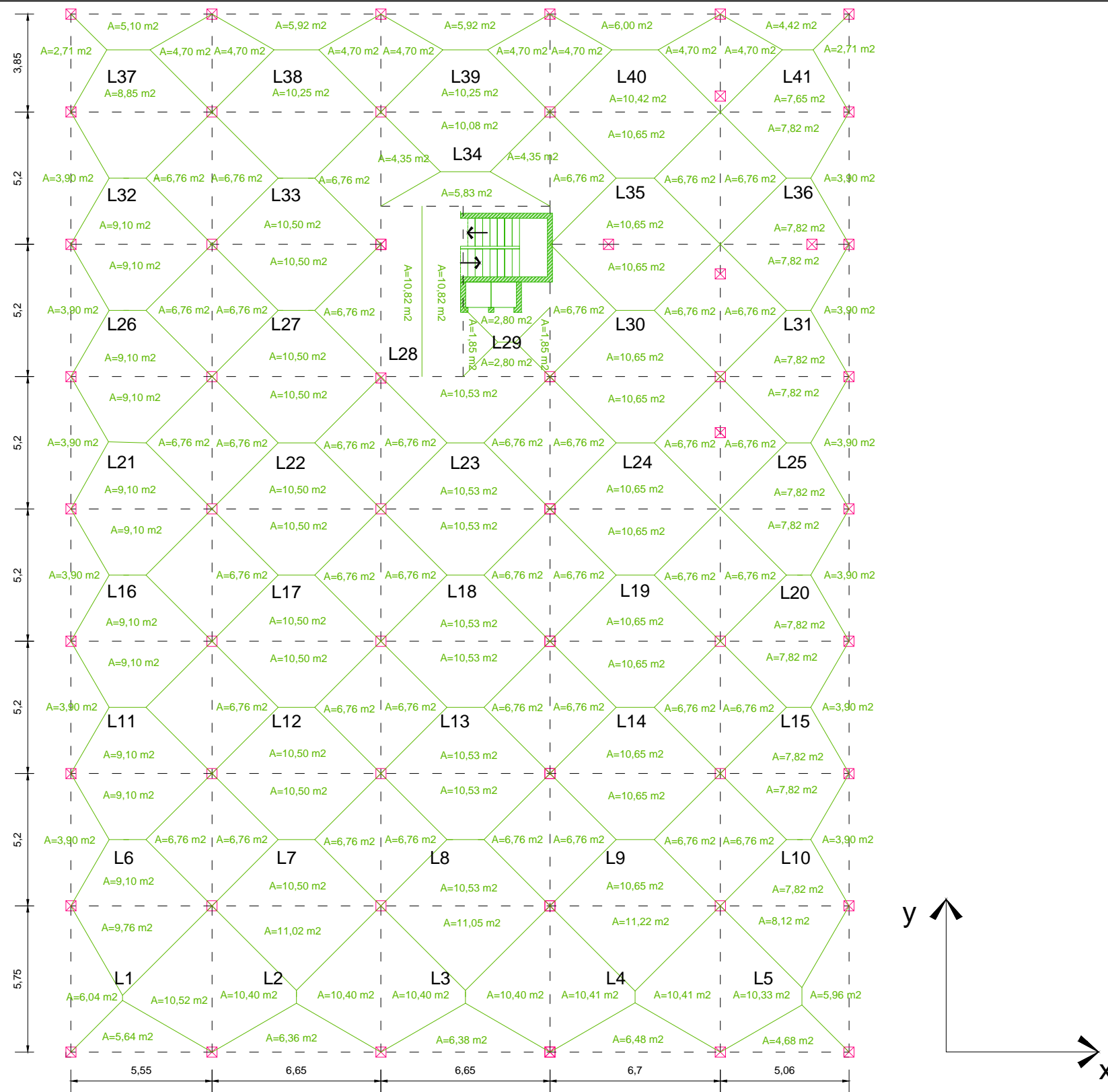
Sistema de desagües pluviales


Escala 1:500

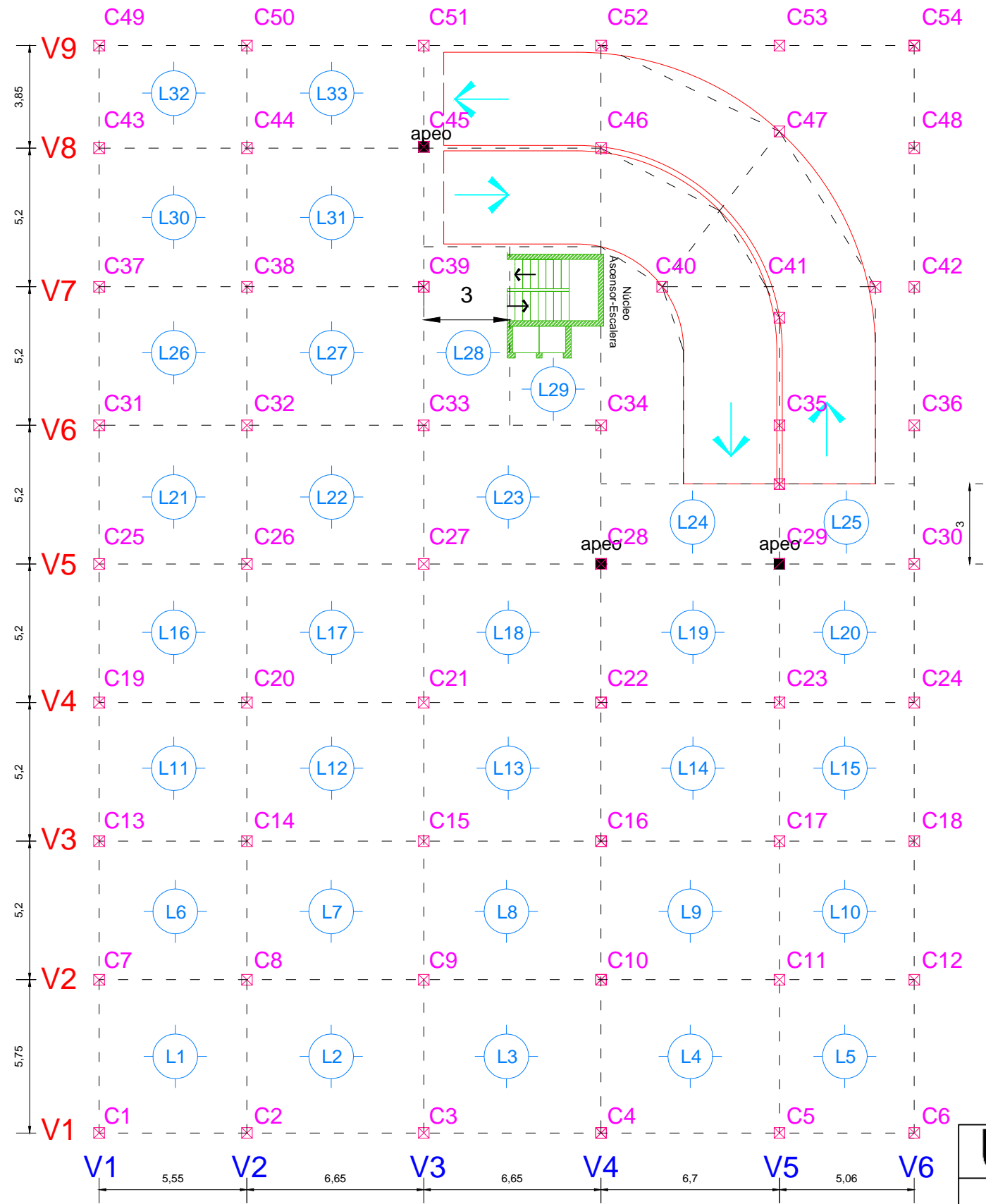
Plano n°8





 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería	
TRABAJO FINAL	
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia	
Año: 2.017	
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Distribución de cargas del edificio: planta tipo
	Escala 1:200 Plano n°9

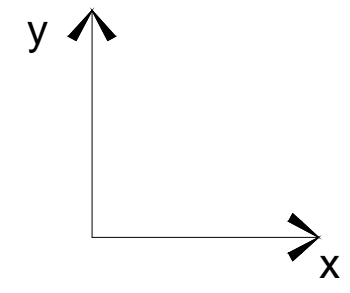



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería	
TRABAJO FINAL	
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia	Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Distribución de cargas del edificio: azotea
	Escala 1:200
	Plano n°10

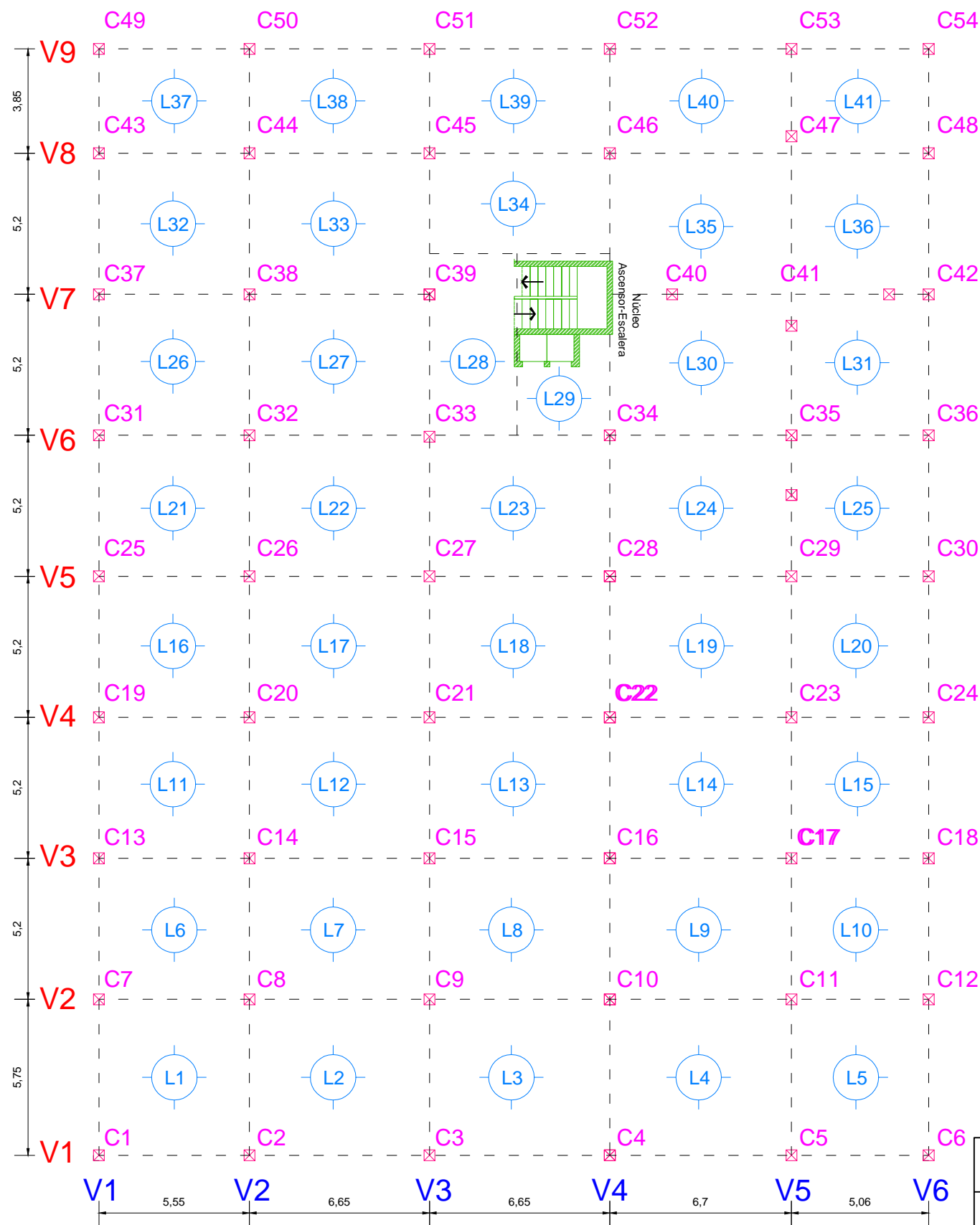


Referencias:





-  losa armada en dos direcciones
- Vi** viga según dirección x - x
- Vj** viga según dirección y - y
-  columna

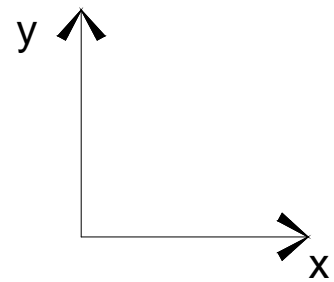



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia		Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Planta de estructura del edificio: planta tipo	Escala 1:200
		Plano n°11



Referencias:

-  losa armada en dos direcciones
-  viga según dirección x - x
-  viga según dirección y - y
-  columna



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE - Facultad de Ingeniería		
TRABAJO FINAL		
Anteproyecto: Estudio del estacionamiento - Campus Resistencia		Año: 2.017
Integrantes: Britez Brenda Dellamea Ulises	Planta de estructura del edificio: azotea	Escala 1:200
		Plano n°12