



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**APOYO TECNICO EN LA SUPERVISION DEL PROCESO
CONSTRUCTIVO DE LOSA DE ENTREPISO CON
LAMINA COLABORANTE METALDECK Y DEMAS
ELEMENTOS QUE LA COMPLETAN EN EL PROYECTO**

Autor
Felipe Ferrin Villada

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2021



APOYO TECNICO EN LA SUPERVISION DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSA
DE ENTREPISO CON LAMINA COLABORANTE METALDECK Y DEMAS
ELEMENTOS QUE LA COMPLETAN EN EL PROYECTO PORTAL DE ORION

Felipe Ferrin Villada

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil

Asesores

Juan Guillermo Jaramillo. Ingeniero Civil
Luis Felipe Valencia Duque. Arquitecto

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental
Medellín, Colombia
2021.

APOYO TECNICO EN LA SUPERVISION DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSA DE ENTREPISO CON LAMINA COLABORANTE METALDECK Y DEMAS ELEMENTOS QUE LA COMPLETAN EN EL PROYECTO PORTAL DE ORION

Resumen

Durante el desarrollo de un proyecto de construcción es de vital importancia la participación del residente de obra o interventor interno, persona encargada principalmente de realizar seguimiento a todos los procesos constructivos llevados a cabo dentro de la obra asegurando que se estén efectuando de manera correcta, según los diferentes planos, estudios, normas y demás documentación necesaria dentro del proyecto.

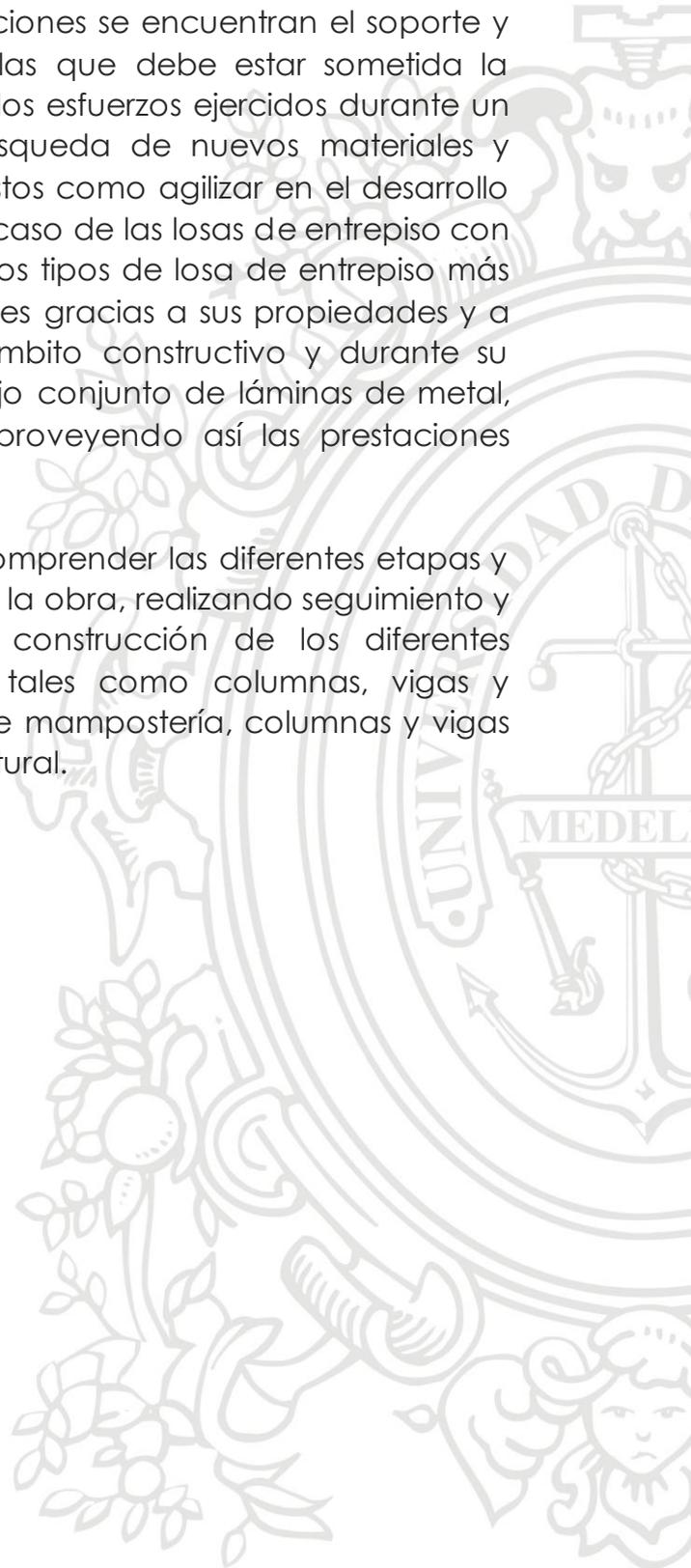
A lo largo de este semestre de industria se realizaron tareas de asistencia al residente de obra en actividades de supervisión y soporte técnico para el desarrollo de los diferentes procesos constructivos realizados dentro del proyecto de apartamentos Portal de orión a cargo de la empresa identificada con el mismo nombre, en la ciudad de Manizales. Dentro de dichas actividades se incluyó la supervisión y revisión de los procesos ejecutados durante la construcción de los diferentes elementos tanto estructurales como vigas, columnas, pantallas y losas, así como de elementos no estructurales tales como muros de mampostería, vigas y columnas de amarre, entre otros.

A fin de dar un enfoque mas específico a esta práctica académica se decidió, además de desempeñar las tareas ya mencionadas realizar un seguimiento especial al proceso constructivo de la losa de entrepiso utilizada en el proyecto, realizando inicialmente una etapa de estudio de los planos, normas y demás documentación necesaria con el objetivo de comprender la composición y comportamiento de dicho elemento. Para esto se realizó un seguimiento y soporte a los diferentes procesos efectuados en la construcción de la losa de entrepiso, para finalizar con los análisis correspondientes, esto con el objetivo de identificar las posibles ventajas tanto a lo largo el proceso constructivo como durante la etapa de servicio de la losa y finalmente concluir con las razones que sustenten la utilización de este tipo de losa sobre las demás opciones disponibles en el mercado.

Introducción

Las losas son elementos rígidos que separan un nivel de otro en una edificación y dentro de sus principales funciones se encuentran el soporte y distribución de las cargas de servicio a las que debe estar sometida la estructura durante su vida útil, así como a los esfuerzos ejercidos durante un sismo. Constantemente se está en la búsqueda de nuevos materiales y procesos que permitan tanto abaratar costos como agilizar en el desarrollo de un proyecto de construcción. Este es el caso de las losas de entrepiso con lamina colaborante o metaldeck, uno de los tipos de losa de entrepiso más utilizado en la construcción de edificaciones gracias a sus propiedades y a las ventajas que esta ofrece desde el ámbito constructivo y durante su utilización. Esto se logra mediante el trabajo conjunto de láminas de metal, hormigón armado y perfiles de acero, proveyendo así las prestaciones estructurales requeridas por el proyecto.

Con este trabajo se pretende exponer y comprender las diferentes etapas y procesos efectuados durante el avance de la obra, realizando seguimiento y apoyo técnico en el momento de la construcción de los diferentes elementos que componen el proyecto tales como columnas, vigas y pantallas en la parte estructural y muros de mampostería, columnas y vigas de amarre, entre otros en la parte no estructural.



Objetivos

Objetivo general

Esta práctica empresarial tiene como objetivo realizar tareas de apoyo técnico en la supervisión del proyecto portal de Orión, así como seguir el proceso constructivo de la losa colaborante de entrepiso N+19.00 y de los diferentes elementos estructurales y no estructurales que lo completan con el fin de comprender el desarrollo de los diferentes procesos llevados a cabo en la obra.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de la normativa y entender el comportamiento de las losas colaborantes con lamina de metal.
- Realizar seguimiento y control a los diferentes procesos constructivos llevados a cabo en el proyecto portal de Orión enfocándose en la construcción de la losa colaborante de entrepiso.
- Analizar y describir las cualidades y posibles ventajas de este sistema de losa tanto durante la construcción como durante su etapa de servicio.

Marco Teórico

Lamina colaborante. Lamina de acero preformada utilizada en sistemas de placa o losa compuesta que trabajando en conjunto con el hormigón cumple la función de armadura inferior sometida a tracción.

Losa compuesta. Placa de concreto fundida sobre una lámina colaborante que actúa como diafragma y transfiere las cargas a los elementos del sistema de resistencia sísmico.

Viga compuesta no embebida (vigüeta). Viga en la que la sección de acero no está completamente embebida en concreto reforzado y que cuenta con conectores mecánicos que permiten una acción compuesta entre la viga y la losa colaborante.

Conectores. Elemento usado para la unión entre las vigas de acero y la losa. Su función principal es la de transmitir los esfuerzos de la losa a la estructura. Estos pueden ser pernos, espirales o perfiles soldados.

Metodología

Se comenzó con un estudio de las normativas que rigen los procesos constructivos de los diferentes elementos que conforman el proyecto, tales normas fueron el reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10, y las normas internacionales ANSI/SDIC-2017.

Para iniciar con el proceso constructivo de la losa de entrepiso nivel +19.00 primeramente se debió efectuar la construcción de los elementos que componen la estructura como lo son columnas, pantallas y vigas, para posteriormente continuar con los elementos que componen mas propiamente los apartamentos y zonas comunes del edificio tales como muros en mampostería, columnas y vigas de amarre.

Proceso constructivo de columnas y pantallas

Para seguir un orden lógico se inicia con las columnas y pantallas del nivel inferior +15.90, a continuación, se muestra la cantidad de columnas y su ubicación (Anexo 2) de acuerdo con su dimensión en este nivel.

Dimensión (m)	Cantidad	Ubicación
0.60 x 0.60	2	F2, J3
0.50 x 0.50	5	H2, H4, K2', K3, I5
0.40 x 0.40	7	H5, K2, K4, K5, K8, K9, L2
0.60 x 0.80	6	G2, G3, G4, I7, J7, K7
0.40 x 0.80	8	F3, F4, H3, I3, I8, J4, J5, J8
0.50 x 2	1	J9
Ø 0.70	1	I4

Tabla 1: Columnas agrupadas según dimensión

Se comenzó realizando los traslajos a las barras de acero necesarios y especificados de acuerdo con los planos estructurales, estas varían entre barras #6, #7 y #8 de acuerdo a la columna, de este modo se continuo con la instalación de ganchos, flejes o estribos, estos fueron figurados en obra a partir de chipas de acero #3. Estos flejes se instalaron siguiendo las distancias especificadas por el ingeniero calculista en los planos estructurales, actividad que fue realizada empleando 2 trabajadores por columna, siendo estos generalmente un oficial y un ayudante. Durante la supervisión de estos elementos se corroboraba que las distancias entre estribos estuvieran siendo respetadas y que los ganchos de estos se realizaran a 45°, teniendo especial cuidado en las zonas de confinamiento o uniones entre columnas y vigas debido a la gran importancia que tiene la buena ubicación del acero transversal del elemento durante su vida útil y más especialmente a la hora de presentarse un evento sísmico.

Una vez la columna o pantalla se encuentra completa en cuanto a la configuración de su acero se procede al encofrado del elemento. Durante este proceso se plantean los puntos para la correcta ubicación de la columna y se marcan los ejes para su encofrado, asegurando el recubrimiento determinado de 4 centímetros esto con el objetivo de dar suficiente protección a las barras de acero, previniéndolas de la corrosión y dándoles el espacio suficiente para que haya una correcta adherencia con el concreto, durante esta etapa se supervisó que la formaleta sea colocada respetando este recubrimiento además de que sea ubicada a plomo mediante la colocación de alineadores y puntales con el objetivo de evitar deformaciones en el elemento al ser fundido, posterior a esto se continuó con el vaciado del elemento con concreto de 4000 psi preparado en obra a lo largo de este proceso se debió supervisar que la mezcla se estuviera preparando correctamente de acuerdo a las dosificaciones especificadas durante la etapa de diseño, en cuanto a las cantidades de triturado, arena y agua por bulto de cemento, adicionalmente para algunos de estos elementos se obtuvieron cilindros de muestra con el objetivo de realizar seguimiento a la resistencia del elemento y por ende a la preparación de la mezcla in situ.

Al día siguiente se realiza el desencofrado del elemento, se revisa su acabado y se envuelve en papel cristaflex que lo mantiene húmedo evitando la evaporación del agua y garantizando así una reacción con el cemento completa permitiendo un proceso de curado óptimo.



Imagen 1: Encofrado de columna



Imagen 2: Columna desencofrada y envuelta en cristaflex

Proceso constructivo de vigas

Una vez se fundieron todas las columnas y pantallas del nivel inferior se continuó con la instalación de cerchas, puntales y tableros que servirán tanto de soporte como de encofrado para las vigas aéreas y la losa de entrepiso, durante la instalación de este equipo se realizó un chequeo de los niveles de la losa mediante la utilización del nivel de manguera, para comprobar que se estaba conservando la altura de entrepiso de 2.55m entre el nivel de la losa inferior y el encofrado de las vigas aéreas del nivel superior.



Imagen 3: Instalación de cerchas para encofrado nivel superior



Imagen 4: Encofrado inferior para vigas aéreas

A continuación, se comenzó con el armado de vigas aéreas iniciando también con la marcación de ejes para la correcta ubicación del elemento, después de esto se armó y se revisó el acero de cada una de ellas utilizando mayormente barras #6, #7 y #8 y para los estribos barras #3 según la configuración especificada en los planos de cada viga. En este nivel del proyecto se cuenta con un total de 40 vigas, entre vigas principales y vigas de borde según los planos estructurales las cuales se pueden agrupar en 3 tipos diferenciadas principalmente por las dimensiones de su sección. Dentro de las cuales se encuentran 22 vigas principales de sección 0.35 x 0.55m, 2 de 0.60 x 0.55m y 16 vigas de borde de sección 0.20 x 0.55m

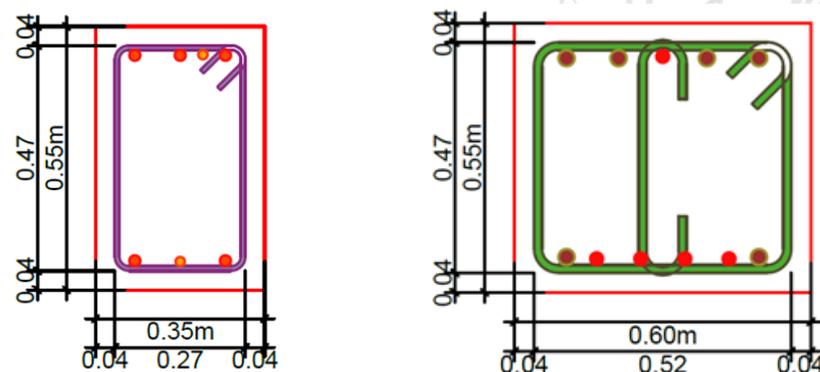


Imagen 5: Detalle vigas principales V2 y V3' respectivamente

Posteriormente se procede a su encofrado lateral. Durante este proceso se asegura tanto el espaciamiento lateral como inferior especificado de 4 cm necesario para dar recubrimiento y protección al acero, adicionalmente se aseguró que existiera un espaciamiento libre entre barras el cual facilitara el proceso de vaciado del elemento, permitiendo que el concreto pueda llenar por completo la viga. De manera adicional en el encofrado lateral de las vigas se dejó el espacio necesario en donde se acoplaron las vigas compuestas o viguetas que funcionan de soporte para la losa.



Imagen 6: Conformación de acero en viga



Imagen 7: Viga V2 armada, encofrada y espacios para viguetas

Durante esta etapa se supervisó de manera muy minuciosa que los traslapes entre barras se hicieran de manera correcta en cuanto a la longitud de desarrollo de este y sobre todo a su ubicación, adicional a esto se revisó el espaciamiento del acero transversal ya que todo esto debe ser coherentes con el comportamiento del elemento en su etapa de servicio.

Configuración de losa colaborante

Para comenzar con la configuración de la losa, se inició con el ensamble de los perfiles que constituyen las vigas compuestas (viguetas), que darán soporte a la losa, cada una de estas vigas se construyeron a partir de 2 perfiles de acero en C cuyas dimensiones varían según la luz de la sección, utilizándose de 305x80 mm, calibre 14" para luces mayores a 5 metros y de 203x67 mm calibre 14" para luces menores, estos fueron inicialmente pintados con anticorrosivo y esmalte para darle protección contra los efectos ambientales y luego acoplados mediante soldadura de forma que quedaran enfrentados entre sí. Se les añadieron cuatro barras de acero que fueron soldadas en sus extremos con gancho estándar para dar anclaje en su unión con las vigas amarrándolos al acero longitudinal de estas, estos ganchos ingresan una distancia de aproximadamente 15 centímetros al

elemento estructural desde su lateral. Adicionalmente se soldó una tapa al interior de estos, a una distancia de 30 centímetros medidos desde su extremo, la cual restringe que el concreto entre de manera excesiva al elemento aumentando su masa y por ende las cargas sobre los demás elementos estructurales. A continuación, se muestra el registro fotográfico de lo mencionado anteriormente.



Imagen 8: Perfiles C

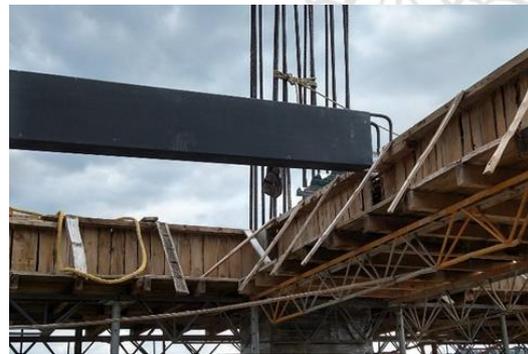


Imagen 9: Instalación de viga compuesta (vigüeta) y encofrado lateral de vigas



1. Acero longitudinal de viga aérea
2. Acero transversal viga aérea
3. Gancho estándar de vigüeta
4. Viga colaborante o vigüeta
5. Tapa de vigüeta

Imagen 10: detalle de viga compuesta y unión con viga aérea

Una vez instaladas estos perfiles se procede a la colocación de las laminas de acero colaborante o metaldeck, se utilizaron láminas de 510 mm y 610 mm de calibre 22" según requerimientos del cálculo estructural, estas se colocaron en dirección transversal a los perfiles uniendo una lamina a la otra en su parte lateral mediante soldadura. Posterior a esto se continuó con la instalación de los conectores entre la vigüeta y la malla electrosoldada Q5 15x15 mm, estos conectores fueron soldados a través de la lámina de manera directa sobre la vigüeta y amarrados a la malla, esto da el espaciamiento requerido por el estudio estructural entre la malla y la lámina y asegura una correcta unión entre cada uno de los elementos que

componen la losa. Dichos conectores fueron fabricados en obra a partir de barras de acero #3.



Imagen 11: Instalación de conectores



Imagen 12: Unión entre conector y malla



Traslape malla electrosoldada

Imagen 13: Instalación de malla electrosoldada y traslape

Como especificación adicional en la configuración de la losa se incluyen los traslapos durante la disposición de la malla electrosoldada, estos deben ser llevados a cabo dejando 2 cuadros sobre puestos entre las mallas a traslapar según las exigencias detalladas para este proyecto. Durante la configuración de la losa se supervisó principalmente el acople entre vigas aéreas y viguetas, la unión entre las láminas de acero, la instalación de conectores y la colocación y traslape de la malla electrosoldada.



Imagen 14



Imagen 14 y 15: Vista inferior de losa, encofrado de vigas aéreas y disposición de lámina metaldeck



Imagen 16: Vista superior de losa antes de fundida e instalación de tubería eléctrica

Después de realizado esto se procede con el vaciado de las vigas aéreas y de los aproximadamente 632 metros cuadrados de losa de manera conjunta con concreto de 4000psi o 28MPa fabricado en obra, este proceso de vaciado se llevó a cabo en un transcurso de 12 días en los cuales se revisó de manera constante que en la realización de la mezcla se estuvieran respetando las proporciones según la dosificación y que el vaciado del elemento se estuviera llevando a cabo de manera correcta, tanto en el vibrado del concreto en las vigas, así como en los recubrimientos y espesor de la losa. Finalmente, se le proporcionó el acabado correspondiente a la losa y se deja soportada de manera temporal mediante los puntales y cerchas del nivel inferior hasta que el elemento alcanza la resistencia esperada y está listo para ser desencofrado, en este caso al tratarse de cemento estructural y no utilizar ninguna clase de aditivos o acelerantes este proceso toma alrededor de 2 semanas.

Durante el proceso de vaciado de estos elementos se emplearon un total de 9 trabajadores entre los que se encontraban 2 oficiales de obra, 2 prácticos, 4 ayudantes y 1 operario de torre grúa. En el transcurso este también se

tomaron cilindros de muestras de la mezcla de concreto para evaluar su resistencia y poder programar el desencofrado del elemento.



Imagen 17 y 18: Vaciado de losa y vigas aéreas

Elementos no estructurales

Como se mencionó anteriormente en adición a la parte estructural, también se realizó supervisión a algunos elementos no estructurales que componen el proyecto, mas precisamente durante el levantamiento de muros de mampostería, configuración y vaciado de columnas de amarre.

Para el levantamiento de los muros de mampostería que componen principalmente las divisiones de los apartamentos y zonas comunes del edificio se revisó principalmente que su localización fuera correcta teniendo en cuenta los planos arquitectónicos del proyecto, respetando las dimensiones de los diferentes accesos a apartamentos y habitaciones, así como de ventanas y ventanales. Mientras se levantaban estos muros se hacía revisión del aplomo de estos y de que las esquinas quedaran a escuadra, para evitar futuros inconvenientes durante el revoque y enchape del interior de los apartamentos.

Una vez se levantaron los muros en mampostería se llevó a cabo la construcción de las columnas de amarre, elementos que según los planos estructurales deben ir ubicados delimitando las ventanas y ventanales en la fachada del edificio, en muros cuya longitud supere 1.5 m, amarrando los muros que componen los baños de los apartamentos con el fin de evitar daños por asentamiento en los enchapes de los mismos y en donde habría contacto entre el muro y un elemento estructural como una columna o pantalla, adicional a esto se deja un espacio entre el elemento estructural y la columna de amarre que será llenado con icopor, esto último es de gran importancia ya que al construir la columna de amarre en este punto se da rigidez al muro y a su vez se evita que esta rigidez sea transmitida al elemento estructural permitiendo que este actúe libremente en especial durante un evento sísmico.



Imagen 19 y 20: Columnas de amarre entre muro y columna estructural, columna de amarre en fachada

En el momento de la construcción de estas columnas de amarre se realizó supervisión en su dimensión y armado realizado a partir de 2 barras longitudinales #3 y flejes de $\frac{1}{4}$ " cada 20 centímetros, el anclaje de estas se realizó mediante 2 perforaciones en la losa donde se colocó la armadura y se recubrió con Sika anclaje, mientras que en su parte superior se dejó libre, para evitar como se mencionó anteriormente rigidizar los elementos estructurales del edificio, después de esto se coloca la formaleta y se funde el elemento.

Resultados y análisis

Este tipo de losa combina las mejores propiedades de cada uno de los elementos que lo conforman, por parte del hormigón se aporta resistencia a la compresión, masa y rigidez mientras que el acero proporciona resistencia a la tracción, ligereza y elasticidad.

Se evidenció que para lograr un buen funcionamiento de la losa colaborante es de gran importancia una correcta disposición de los diferentes elementos que componen este tipo de losa con el fin de que actúen de forma conjunta, la lamina de acero metaldeck, el hormigón y las vigas colaborantes o viguetas, lográndose principalmente gracias a la acción de los conectores ya que son los elementos que generan el anclaje y la adherencia necesaria entre los componentes que conforman la losa.

Por lo mencionado anteriormente se puede tomar como hipótesis para este tipo de losa, que los dos elementos principales que la componen el acero y el hormigón actúan como uno solo y que las deformaciones longitudinales son continuas en toda su sección, es decir que las deformaciones a lo largo de la interfaz es la misma para los dos elementos.

Gracias a su simpleza una de las ventajas en la utilización de este tipo de losa fue la rapidez en el momento de su instalación o armado en comparación con el de una losa aligerada tradicional lo que permite un avance significativo en obra. Adicionalmente se identificó como elemento a favor el echo de no tener que realizar un encofrado especial que interfiriera con las tareas que se pudieran estar llevando a cabo en el nivel inferior.

La reducción en el espesor de la losa, así como en el peso del hormigón utilizado se traduce en una reducción general en la estructura en cuanto al tamaño y solicitaciones de los demás elementos estructurales, permitiendo mayor libertad y flexibilidad al momento de diseñar y calcular la estructura.

Se observó que, durante el desarrollo de este proceso constructivo, los costos ejecutados en obra cumplían de manera satisfactoria con lo planeado en los presupuestos del proyecto, pero debido a que se presentaron algunos inconvenientes desde el punto de vista económicos se dificultó la compra de materia prima, comprometiendo de manera significativa el avance de dichos procesos causando que no se pudieran llevar de manera continua y afectando los tiempos que se habían programado para el desarrollo de esta y demás actividades dentro del proyecto.

Durante la etapa de vaciado de los 632 metros cuadrados de losa y empleando el personal mencionado anteriormente de 9 trabajadores entre operarios, oficiales y ayudantes se obtuvo un rendimiento de 53 metros cuadrados de losa vaciados por jornada laborada, teniendo jornadas de 9 horas al día.

A partir de los APU del proyecto se obtuvieron los siguientes valores unitarios según la unidad de medida para cada uno de los procesos y actividades contractuales llevadas a cabo.

Actividad	Und de medida	V/Unitario
Proceso constructivo de columnas	M3	\$ 717,565
Proceso constructivo de vigas	M3	\$ 773,343
Suministro, transporte e instalacion malla electrosoldada	KG	\$ 6,167
Suministro, transporte e instalacion perfiles C	KG	\$ 21,005
Configuracion de losa colaborante	M2	\$ 188,576

Tabla 2: Valores unitarios por actividad

Conclusiones

La losa colaborante con lamina de metal ofrece muchas ventajas no solo en el ámbito constructivo sino también desde el punto de vista estructural, ya que se necesita menor construcción en obra gracias a que los perfiles y lamina de acero ya vienen fabricados y con la certificación de que cumplen con las normativas requeridas.

Este tipo de losa ofrece una gran facilidad de manejo, desde el momento del acopio de los materiales que la componen, permitiendo su fácil almacenamiento en áreas reducidas, igualmente durante su etapa constructiva la lámina ya instalada puede ser utilizada parcialmente como plataforma de trabajo y montaje de los demás elementos que compondrán la losa, sin necesitar apuntalamiento en luces relativamente pequeñas. Adicionalmente la utilización de dicha lamina colaborante como encofrado durante el vaciado de la losa permite ahorrar costos de equipo de encofrado y reducir plazos de ejecución.

En comparación con un sistema de construcción tradicional este tipo de losa ofrece una gran ventaja en cuanto a la necesidad de cumplir con plazos de ejecución exigentes, cumpliendo de manera satisfactoria con los mismos objetivos técnicos.

A pesar del gran uso que se le da a este tipo de losa en nuestro país la aplicación de éste, puede ser inviable desde el punto de vista económico para algunos proyectos, ya que sin dejar a un lado el hecho de ser un sistema muy eficiente, el incremento en el precio del acero debido principalmente a gastos de importación y subcontratación podrían reducir su implementación, en favor de otros sistemas de losa con mejor razón costo-beneficio.

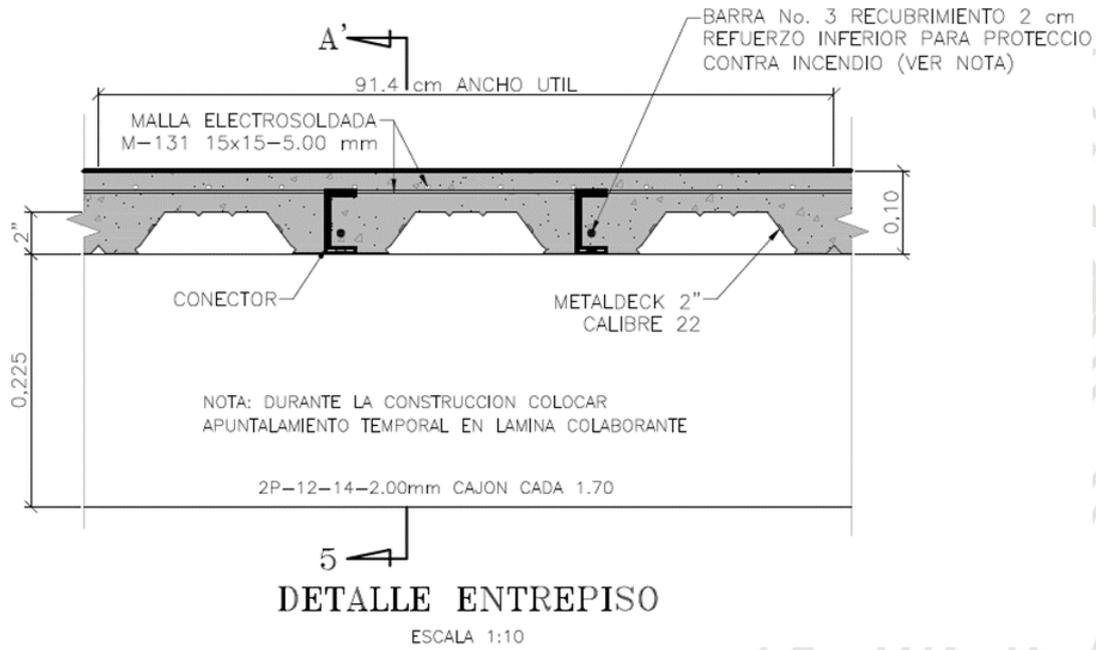
Debido al pequeño espesor de la losa se pueden llegar a presentar pequeñas vibraciones perceptibles y poco aislamiento acústico, durante su etapa de servicio.

Referencias Bibliográficas

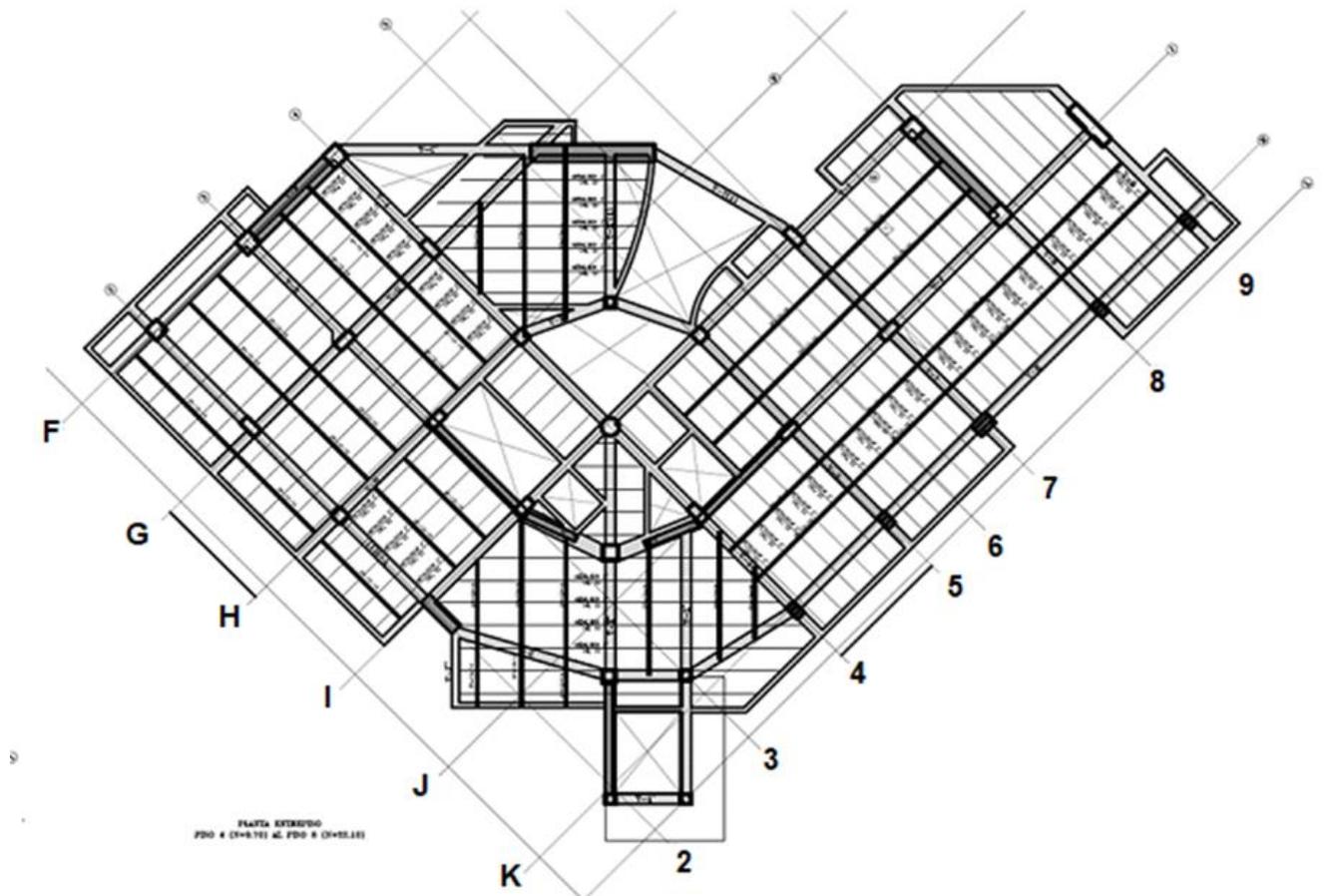
- Melchor López Ávila; Rafael Larrúa Quevedo; Carlos Recarey Morfa. Un nuevo sistema de embuticiones en láminas de acero para maximizar resistencia de losas compuestas. en Revista de Ingeniería y Construcción On Line ISSN 0718-5073. vol 22 N° 3. Santiago. 2007.
- Hernán de Solminihaq T; Guillermo Thenoux Z. Procesos y técnicas de construcción. Séptima edición. Santiago. Ediciones UC. 2020. Pag 44. ISBN 9789561425101.
- Carlos Alberto Riveros. (2019). Estructuras de hormigón. Universidad de Antioquia.
- Patricia Garino. (2012). Soluciones estructurales no habituales. Estructuras mixtas de acero y hormigón. Universidad de la república. Uruguay.
- Asesco. (2020). Ficha técnica entrepisos. Recuperado de: <https://www.acesco.com.co>
- Steel deck institute. (2017). American national standards institute/ steel deck institute C – 2017 standard for composite steel floor deck-slabs. Recuperado de: <https://www.sdi.org/>
- Ministerio de ambiente, Vivienda y desarrollo territorial. (2010). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/>

Anexos

Anexo 1: detalle losa de entrepiso.



Anexo 2: Detalle en planta de losa de entrepiso N+19.00



Anexo 3: Detalle columnas de amarre

