



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Comparativo entre sistema de losa de entrepiso con
Metaldeck vs BubbleDeck y Metaldeck vs losas alveolares
para un centro comercial en Samborondón.**

AUTORES:

**Maita Abad, Erick David
Oñate Chang, Williams Emanuel**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Enciso Tostado, Mauricio Conrado

Guayaquil, Ecuador

23 de febrero del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Maita Abad, Erick David y Oñate Chang, Williams Emanuel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero civil**

TUTOR

f. _____
Ing. Enciso Testado, Mauricio Conrado M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther M.Sc.

Guayaquil, a los 23 del mes de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Maita Abad, Erick David y Oñate Chang, Williams Emanuel**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación: **Comparativo Entre Sistema De Losa De Entrepiso Con Metaldeck Vs Bubbledeck Y Metaldeck Vs Losas Alveolares Para Un Centro Comercial En Samborondón**, previo a la obtención del título de **Ingeniero civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 23 del mes de febrero del año 2023

LOS AUTORES:

f. 

Maita Abad, Erick David

f. 

Oñate Chang, Williams Emanuel



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
AUTORIZACIÓN**

Nosotros, **Maita Abad, Erick David y Oñate Chang, Williams Emanuel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Comparativo Entre Sistema De Losa De Entrepiso Con Metaldeck Vs Bubbledeck Y Metaldeck Vs Losas Alveolares Para Un Centro Comercial En Samborondón**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 del mes de febrero del año 2023

LOS AUTORES:

f. 

Maita Abad, Erick David

f. 

Oñate Chang, Williams Emanuel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

f.

Ing. Enciso Tostado, Mauricio Conrado M.Sc.

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA**

f.

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina M.Sc.

DOCENTE

f.

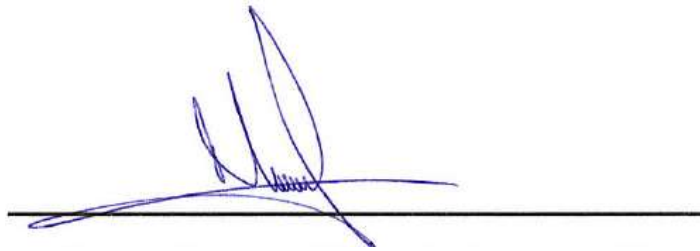
Ing. Murillo Bustamante, Roberto Miguel M.Sc.

OPONENTE

REPORTE URKUND

Document Information

Analyzed document	Maita Erick - Oñate Williams Trabajo de titulación.pdf (D159747848)
Submitted	3/1/2023 1:44:00 AM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.arkund.com

A handwritten signature in blue ink is positioned above a solid black horizontal line. The signature is stylized and appears to be the name 'Mauricio Enciso Tostado'.

Ing. Mauricio Enciso Tostado, M.Sc.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, sus consejos y por ser el ejemplo que me ha servido para mejorar día a día.

A mis amigos por acompañarme y apoyarme en esta gran etapa.

A Dios por mostrarme el camino que me ha llevado hasta donde estoy y por darme la fuerza y motivación para seguir adelante cuando se han presentado dificultades.

Maita Abad, Erick David

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por sus bendiciones, su protección a mis seres queridos, por mantenerme con salud y permitirme llegar a la culminación de mi carrera a pesar de todos los obstáculos.

Agradezco a mis padres Williams y Alexandra por su guía, paciencia, dedicación, esfuerzo diario y la oportunidad de estudiar esta carrera. Sin su ayuda esto no habría sido posible.

A mis hermanos Astrid, Valeria e Isaí por su compañía, ayuda, consejos y cariño.

A mi abuela y tíos por su apoyo.

A mis amigos dentro y fuera de la universidad por las risas y por ayudarme a sobrellevar los malos momentos.

A mi tutor el Ing. Mauricio Enciso por brindarme su conocimiento.

Oñate Chang, Williams Emanuel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que me han apoyado en todo momento.

Maita Abad, Erick David

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, mis padres y hermanos. Son una parte fundamental en mi vida.

Oñate Chang, Williams Emanuel

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Objetivo general.....	2
1.3 Objetivos específicos	2
1.4 Alcance	3
1.5 Justificación	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1 Losa Metaldeck.....	4
2.1.1 Proceso de instalación de la losa Metaldeck.....	4
2.2 Losa Bubbledeck	5
2.2.1 Materiales que componen la losa.....	6
2.2.1.1 Esferas vacías de polietileno	7
2.2.1.2 Hormigón	7
2.2.1.3 Acero de refuerzo	7
2.2.2 Tipos de losa Bubbledeck	7
2.2.2.1 Módulos de refuerzo	7
2.2.2.2 Elementos de filigrana	8
2.2.2.3 Losa terminada.....	8
2.2.3 Proceso constructivo	9
2.2.4 Ventajas adicionales	9
2.3 Losa alveolar	10
2.3.1 Fabricación y materiales	12

2.3.2	Conexión entre losas alveolares y vigas.	14
2.3.2.1	Longitud de apoyo	17
2.3.3	Almacenaje, transporte y colocación.....	18
2.3.4	Ventajas y desventajas del uso de losas alveolares	21
CAPÍTULO III: DESARROLLO.....		23
3.1	Consideraciones generales	23
3.1.1	Definición de cargas.....	24
3.1.1.1	Carga muerta (D).....	25
3.1.1.2	Carga muerta Super-Impuesta (SD).....	25
3.1.1.3	Carga viva (L)	25
3.1.2	Deflexiones permisibles	25
3.1.3	Porcentaje de cuantía de vigas por acero de refuerzo por flexión y cortante	25
3.2	Sistema de entrepiso con losa Metaldeck.....	26
3.2.1	Deflexiones	26
3.2.2	Momento actuante.....	26
3.2.3	Cortante actuante.....	27
3.3	Sistema de entrepiso con losa Bubbledeck	28
3.3.1	Investigación de información.....	28
3.3.2	Modificaciones en el entrepiso para adaptarlo al sistema con losa Bubbledeck	29
3.3.2.1	Modelo en SAP2000.....	31
3.3.2.2	Definición de las secciones de vigas	32
3.3.3	Análisis y diseño de los elementos del entrepiso	33

3.3.3.1	Deflexiones	33
3.3.3.2	Momento actuante	34
3.3.3.3	Cortante actuante	34
3.4	Sistema de entrepiso con losas alveolares.....	35
3.4.1	Investigación de información.....	35
3.4.2	Modificaciones en el entrepiso para adaptarlo al sistema con losas alveolares	36
3.4.2.1	Modelo en SAP2000.....	37
3.4.2.2	Definición de la sección de vigas.....	39
3.4.3	Análisis y diseño de los elementos del entrepiso	40
3.4.3.1	Deflexiones	41
3.4.3.2	Momento actuante	42
3.4.3.3	Cortante actuante	42
3.5	Presupuesto de los sistemas de losa	43
3.5.1	Cálculo de cantidades de material utilizado	43
3.5.1.1	Sistema de entrepiso con losa Metaldeck	43
3.5.1.2	Sistema de entrepiso con losa Bubbledeck	44
3.5.1.3	Sistema de entrepiso con losa alveolar	45
3.5.2	Análisis de precios unitarios.....	46
3.5.2.1	Sistema de entrepiso con losa Metaldeck	47
3.5.2.2	Sistema de entrepiso con losa Bubbledeck	52
3.5.2.3	Sistema de entrepiso con losa alveolar	56
3.5.3	Presupuestos	60

3.5.3.1	Presupuesto del sistema de losa Metaldeck.....	60
3.5.3.2	Presupuesto del sistema de losa con Losa Bubbledeck....	60
3.5.3.3	Presupuesto del sistema de Losas Alveolares	60
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		61
4.1	Resultados del análisis	61
4.1.1	Comparación del comportamiento estructural.....	61
4.1.2	Comparación de costos directos por m ²	61
4.1.2.1	Costos directos de vigas y losas por m ²	61
4.1.2.2	Costos directos de los sistemas de losa por m ²	62
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES.....		66
BIBLIOGRAFÍA.....		67
ANEXOS.....		69

Índice de figuras

Figura 1. <i>Forma y propiedades del Metaldeck.</i>	4
Figura 2. <i>Dirección de colocación del Metaldeck.</i>	5
Figura 3. <i>Vista en obra de la losa Bubbledeck.</i>	6
Figura 4. <i>Losa Bubbledeck corte transversal.</i>	6
Figura 5. <i>Dibujo del tipo de losa Bubbledeck: Módulo de refuerzo.</i>	8
Figura 6. <i>Dibujo del tipo de losa Bubbledeck: Elementos de filigrana.</i>	8
Figura 7. <i>Dibujo del tipo de losa Bubbledeck: Losa terminada.</i>	9
Figura 8. <i>Sistema de entrepiso aplicando losas alveolares.</i>	11
Figura 9. <i>Sección transversal de una losa alveolar.</i>	12
Figura 10. <i>Colado de la losa alveolar.</i>	13
Figura 11. <i>Acero de presfuerzo tensado.</i>	14
Figura 12. <i>Apoyo sobre vigas prefabricadas.</i>	15
Figura 13. <i>Apoyo sobre vigas fundidas in situ</i>	15
Figura 14. <i>Apoyo sobre vigas de acero usando un perfil W y conectores de corte.</i>	16
Figura 15. <i>Apoyo sobre viga formada por un perfil W y platinas.</i>	16
Figura 16. <i>Longitud de contacto en el apoyo</i>	17
Figura 17. <i>Detalle de conexión sobre viga de hormigón.</i>	18
Figura 18. <i>Equipo usado para la elevación de losas alveolares</i>	19
Figura 19. <i>Transporte en camiones</i>	19
Figura 20. <i>Colocación con pinzas</i>	20
Figura 21. <i>Acabado final de la losa alveolar.</i>	22

Figura 22. <i>Modelo tridimensional realizado en SAP2000 del sistema de losa Metaldeck.</i>	23
Figura 23. <i>Entrepiso estructural en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.</i>	23
Figura 24. <i>Plano estructural de entrepiso de la losa Metaldeck en el programa AutoCAD.</i>	24
Figura 25. <i>Deflexiones actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.</i>	26
Figura 26. <i>Momentos actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.</i>	27
Figura 27. <i>Cortantes actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.</i>	27
Figura 28. <i>Vista de las vigas “escondidas” en la losa Bubbledeck.</i>	28
Figura 29. <i>Sección de la losa Bubbledeck usada en este proyecto.</i>	29
Figura 30. <i>Disposición de esferas cercanas a una columna.</i>	30
Figura 31. <i>Plano estructural de entrepiso de la losa Bubbledeck.</i>	30
Figura 32. <i>Vista transversal de los elementos tipo frame que conforman la losa Bubbledeck en SAP2000.</i>	31
Figura 33. <i>Acercamiento del entrepiso en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.</i>	32
Figura 34. <i>Entrepiso estructural en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.</i>	32
Figura 35. <i>Deflexiones actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.</i>	33
Figura 36. <i>Momentos actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.</i>	34

Figura 37. Cortantes actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.	34
Figura 38. Sección de la losa alveolar usada en el diseño para este proyecto.	35
Figura 39. Vista en planta de losa con el sistema de losas alveolares (AutoCAD).....	37
Figura 40. Sección transversal de la losa alveolar en SAP2000.....	38
Figura 41. Modelo del sistema de entrepiso usando losas alveolares en SAP2000.....	38
Figura 42. Sección de la viga con forma de T invertida (unidades en mm) .	39
Figura 43. Sección de la viga en forma de L (unidades en mm).....	40
Figura 44. Deflexiones actuantes del sistema de losa alveolar calculadas en el software SAP2000	41
Figura 45. Deflexión en una losa alveolar con longitud de 8.50 m calculada en SAP2000.....	42
Figura 46. Gráfica de momentos actuantes en el sistema de losa alveolar en SAP2000.....	42
Figura 47. Gráfica de momentos actuantes en el sistema de losa alveolar en SAP2000.....	43
Figura 48. Junta entre losas alveolares	45

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Deflexión máxima admisible.</i>	25
Tabla 2. <i>Secciones de losa Bubbledeck.</i>	29
Tabla 3. <i>Cantidades de material utilizado para el sistema de entrepiso con losa Metaldeck.</i>	44
Tabla 4. <i>Cantidades de material utilizado para el sistema de entrepiso con losa Bubbledeck.</i>	44
Tabla 5. <i>Cantidades de material utilizado para el sistema de entrepiso con losas alveolares</i>	46
Tabla 6. <i>Análisis de precios unitarios de vigas principales $f'c=280\text{kg/cm}^2$.</i> ..	47
Tabla 7. <i>Análisis de precios unitarios de vigas secundarias $f'c=280\text{kg/cm}^2$.</i> 48	
Tabla 8. <i>Análisis de precios unitarios de nervios metálicos A-36.</i>	49
Tabla 9. <i>Análisis de precios unitarios de losa $f'c=280\text{kg/cm}^2$ sobre Metaldeck.</i>	50
Tabla 10. <i>Análisis de precios unitarios de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.</i>	51
Tabla 11. <i>Análisis de precios unitarios de vigas $f'c=280\text{kg/cm}^2$.</i>	52
Tabla 12. <i>Análisis de precios unitarios de losa $f'c=280\text{kg/cm}^2$.</i>	53
Tabla 13. <i>Análisis de precios unitarios de esferas Bubbledeck.</i>	54
Tabla 14. <i>Análisis de precios unitarios de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.</i>	55
Tabla 15. <i>Análisis de precios unitarios de vigas prefabricadas $f'c= 350\text{kg/cm}^2$</i>	56
Tabla 16. <i>Análisis de precios unitarios de Losa Alveolar</i>	57

Tabla 17. <i>Análisis de precios unitarios de Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$</i>	58
Tabla 18. <i>Análisis de precios unitarios de hormigón para capa de compresión $f'_c= 280\text{kg/cm}^2$</i>	59
Tabla 19. <i>Presupuesto del sistema de entrepiso con losa Metaldeck</i>	60
Tabla 20. <i>Presupuesto del sistema de entrepiso con losa BubbleDeck</i>	60
Tabla 21. <i>Presupuesto del sistema de entrepiso con losa alveolar</i>	60
Tabla 22. <i>Comparación del comportamiento estructural de los tres tipos de losa</i>	61
Tabla 23. <i>Comparación de costos totales y costos por m² de la losa y vigas de cada sistema de losa</i>	62
Tabla 24. <i>Comparativa de costos totales y costos por m² de los tres sistemas de losa</i>	62
Tabla 25. <i>Análisis a cortante de la losa Bubbledeck</i>	69
Tabla 26. <i>Análisis a flexión y acero mínimo de la losa</i>	70
Tabla 27. <i>Diseño a cortante en vigas prefabricadas</i>	71
Tabla 28. <i>Cálculo de la resistencia a flexión y cortante de las losas alveolares</i>	72
Tabla 29. <i>Cálculo de la contraflecha de las losas alveolares</i>	73

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una comparación entre el sistema de entepiso con losa Metaldeck y otros dos sistemas de losas de hormigón conocidos como Bubbledeck y losas alveolares, el primero se trata de una losa de hormigón aligerado con esferas de polietileno y el segundo de losas de hormigón prefabricado y pretensado aligerado mediante alveolos longitudinales. Tomando como caso de estudio el centro comercial “Buijo City Center”, para el que se ha utilizado Metaldeck, se realiza un nuevo diseño con Bubbledeck y Losas Alveolares con el fin de determinar cuál de estos sistemas tiene un mejor desempeño al comparar parámetros estructurales y económicos. Por lo que se modifican los planos estructurales y se crean modelos en el programa de elementos finitos SAP2000 para definir las nuevas secciones de vigas, la cantidad de acero de refuerzo y poder analizar los valores de deflexiones, momentos y cortantes. Con los diseños definidos, se calcula la cantidad de material empleado y se realizan análisis de precios unitarios para determinar el presupuesto final de cada sistema de losa. Se elaboran cuadros comparativos del comportamiento estructural y los costos, para analizar cuál de estos sistemas es el más conveniente para la construcción del centro comercial y además se describe en qué casos puede resultar beneficiosa la implementación de cada tipo de losa.

Palabras Clave: *Comparación, Esferas de Polietileno, Prefabricado y Pretensado, Presupuesto, Aspectos Constructivos, Comportamiento Estructural, Costos.*

ABSTRACT

In this study, a comparison is made between the Metaldeck floor slab system and two other concrete slab systems known as Bubbledeck and hollow core slabs, the first being a concrete slab lightened with polyethylene spheres and the second a precast and prestressed concrete slab lightened by means of longitudinal hollows. Taking as a case study the shopping center "Buijo City Center", for which Metaldeck has been used, a new design with Bubbledeck and hollow core slabs is carried out to determine which of these systems has a better performance when comparing structural, and economic parameters. Therefore, the structural drawings are modified, and models are created in the SAP2000 finite element program to define the new beam sections, the amount of reinforcing steel and to be able to analyze the values of deflections, moments, and shear. With the defined designs, the amount of material used is calculated and unit price analyses are performed to determine the final budget for each slab system. Comparative tables of structural behavior and costs are prepared to analyze which of these systems is the most convenient for the construction of the shopping center and also describe in which cases the implementation of each type of slab can be beneficial.

Keywords: Comparison, Polyethylene Spheres, Prefabricated and Prestressed, Budget, Construction Aspects, Structural Behavior, Costs.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el ámbito de la construcción existen diversas alternativas de losas al momento del diseño de una estructura, estas son elegidas teniendo en cuenta factores como la economía, estética y comportamiento estructural, por lo que es útil realizar una comparación entre los tipos de losa ya que la viabilidad de estos varía para cada proyecto ya sea por el área total de piso, claros entre columnas, etc.

Partiendo del sistema de losa Metaldeck el cual hoy en día se usa normalmente en la construcción de proyectos se realiza una comparación económica con otros dos tipos de losa que en el caso del sistema de losa Bubbledeck aún no ha sido usado en el Ecuador y en el caso de las losas alveolares aún no se usan con mucha frecuencia

1.2 Objetivo general

Para un sistema de entrepiso ya diseñado, realizar diseños alternativos para el sistema de aligerantes denominado Bubbledeck y el sistema de hormigón pretensado aligerado mediante alveolos longitudinales denominado Losas Alveolares, con el objetivo principal de poder elaborar un presupuesto referencial que sirva de comparativo respecto del diseño de losa existente con Metaldeck.

1.3 Objetivos específicos

- Modificar el diseño existente de un centro comercial cuyo sistema de entrepiso es con nervios Metaldeck. Diseñar dos nuevos sistemas de losas para realizar un comparativo: uno con Bubbledeck y otro con losas alveolares.
- Elaborar un comparativo con los resultados de los diseños tomando como principal meta conocer los costos directos por: acero de refuerzo, hormigón, encofrado, etc.

- Elaborar un comparativo con los resultados de los diseños estructurales comparando parámetros como: deflexiones, esfuerzos en las vigas de soporte del sistema de entrepiso y cuantía promedio en vigas por acero de refuerzo por flexión y cortantes.

1.4 Alcance

Este trabajo está enfocado únicamente en el sistema de entrepiso de la estructura del centro comercial Buijo City Center y los elementos que lo componen. Se van a realizar nuevos diseños para los sistemas de losa Bubbledeck y losas alveolares, así como un análisis estructural y económico con la finalidad de comparar estos sistemas con el de losa Metaldeck.

A través de este comparativo se va a determinar cuál es el mejor sistema para este centro comercial, considerando aspectos constructivos, técnicos y económicos.

1.5 Justificación

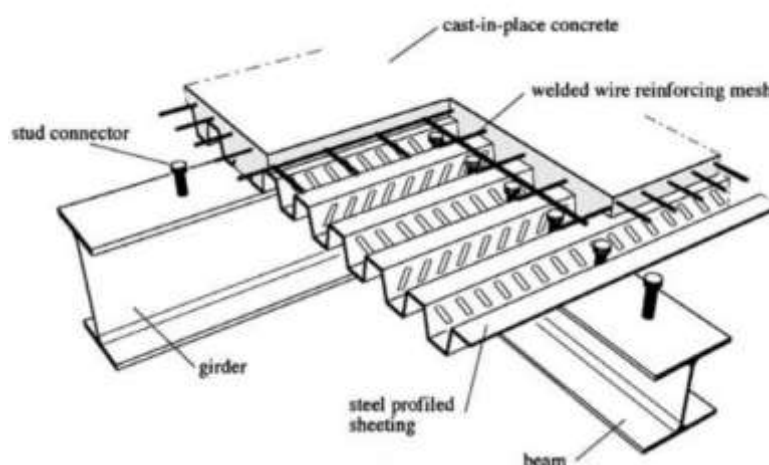
En el sector de la construcción y en específico, para proyectos de gran tamaño, se requieren sistemas de losa que permitan acelerar los procesos constructivos y tener grandes luces entre columnas, por esto se necesita conocer las alternativas a los sistemas comunes usados en nuestro medio, como es el Metaldeck, y analizar los beneficios de cada uno de estos sistemas para determinar cuál de ellos es mejor para este proyecto y en qué casos sería beneficioso el uso de cada sistema.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Losa Metaldeck

Actualmente la losa Metaldeck es comúnmente usada en la industria de la construcción gracias al ligero peso de los paneles de acero y su proceso rápido de construcción. Este sistema de losa consiste en un panel de acero galvanizado el cual sirve principalmente como un encofrado al realizar la construcción de la losa en el sitio y, además, sirve como refuerzo a tracción; vigas llamadas comúnmente nervios que soportarán la losa y pueden ser de hormigón o acero; conectores de corte; malla electrosoldada; y losa de hormigón (Emami & Kabir, 2019).

Figura 1. Forma y propiedades del Metaldeck.



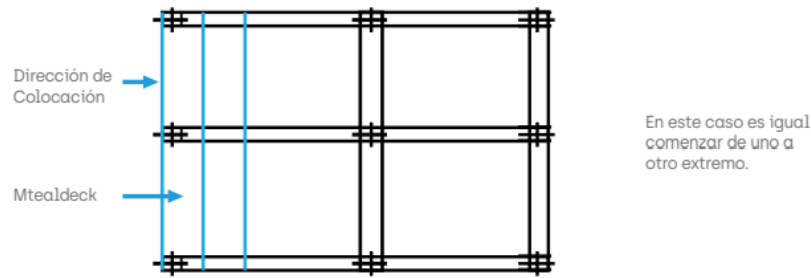
Fuente: Emami & Kabir (2019).

2.1.1 Proceso de instalación de la losa Metaldeck

Según Acesco (2021) el proceso a seguir es el siguiente:

1. Se deben colocar correctamente los paneles de acero entre vigas principales iniciando de un lado y realizándolo sucesivamente.

Figura 2. Dirección de colocación del Metaldeck.



Fuente: Acesco (2021).

2. Se realiza un traslape en el borde del panel de acero para así garantizar que trabajen de manera adecuada.
3. De ser necesario se pueden colocar apuntalamientos de manera temporal en el caso de haber luces grandes entre las vigas de soporte.
4. Unir el panel de acero a la viga de soporte mediante los conectores de corte, los cuales en el caso de ser vigas de hormigón pueden ser varillas en forma de U y en el caso de ser vigas de acero pueden ser pernos o perfiles metálicos.
5. Colocar la malla electrosoldada elevada a cierta distancia del panel mediante el uso de distanciadores.
6. Colocar guardas de borde en el área donde se va a verter el hormigón.
7. Vaciado del hormigón sobre el panel de acero hasta lograr el espesor de losa esperado. (págs. 11-26)

2.2 Losa Bubbledeck

La losa Bubbledeck fue desarrollada por Jorgen Bruenig de Dinamarca en la década de 1990. Esta reduce el peso propio al eliminar parte del concreto que no aporta al desempeño estructural en medio de la losa sustituyéndolo por esferas de plástico reciclado también llamadas esferas de polietileno ubicadas entre una malla superior y una inferior, esto se traduce en una reducción del costo total ya que 1kg de burbuja de plástico reciclado reemplaza a 100kg de hormigón. Gracias a esto se posee una menor carga que actúe sobre los muros, columnas y la cimentación (Quraisyah et al., 2020).

El sistema de losa Bubbledeck es eficaz a la hora de ahorrar tiempo, mediante el uso de las esferas se obtiene una rapidez de hasta un 20% en comparación con el proceso de construcción convencional. Ya que las esferas de polietileno hacen que la losa sea más liviana se pueden reducir algunas columnas y vigas, o sea, se puede tener luces entre columnas más amplias (Varshney, 2017).

Esta losa es amigable con el medio ambiente ya que emplea materiales reciclados, se reducen los materiales de construcción y con ello los desperdicios que ocasionan, hay un menor consumo de energía y menores emisiones de CO₂ ya que se requiere menos transporte y un menor uso de grúas (Varshney, 2017).

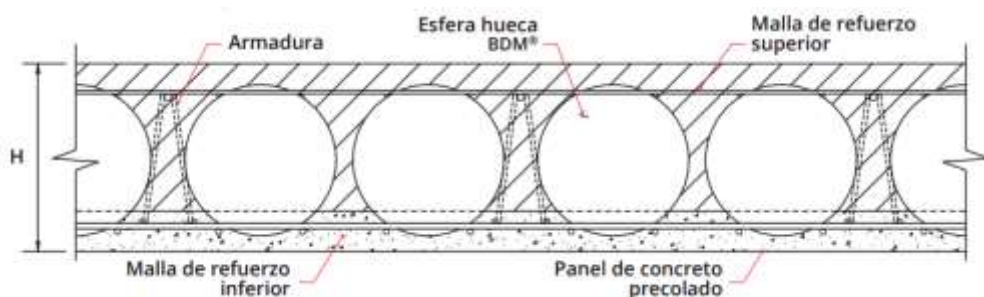
Figura 3. Vista en obra de la losa Bubbledeck



Fuente: BubbleDeck (2023a)

2.2.1 Materiales que componen la losa

Figura 4. Losa Bubbledeck corte transversal



Fuente: (Bubbledeck México; Danstek, 2016b).

2.2.1.1 Esferas vacías de polietileno

Estas son fabricadas con material que no reaccione químicamente con el hormigón y el acero de refuerzo. Estas son lo suficientemente rígidas para poder soportar las cargas aplicadas. El diámetro de estas esferas es alrededor de los 180 mm a 450 mm. Estas pueden tener una forma esférica o elipsoidal (Quraisyah et al., 2020).

2.2.1.2 Hormigón

Este es hormigón convencional que se usa en obra el cual cubre las esferas y el acero de refuerzo.

2.2.1.3 Acero de refuerzo

Se trata de dos mallas formadas por varillas de acero, una malla superior y otra inferior las cuales se pueden soldar o atar. Además, se tienen varillas diagonales que proporcionan soporte vertical a las esferas (Quraisyah et al., 2020).

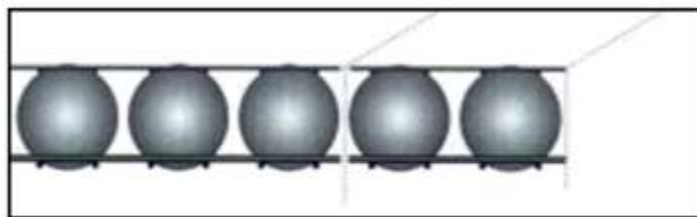
2.2.2 Tipos de losa Bubbledeck

Existen tres distintos tipos de losa Bubbledeck:

2.2.2.1 Módulos de refuerzo

Se trata del “esqueleto” de la losa en la cual las esferas de plástico se encuentran ubicadas entre los aceros de refuerzo superior e inferior. Esta se traslada a su sitio y a su alrededor se colocará un encofrado para luego poder verter el hormigón de la manera tradicional. La ventaja de este tipo es que puede ser usado en construcciones pequeñas ya que pueden ser apilados antes de ser instalados (Quraisyah et al., 2020).

Figura 5. Dibujo del tipo de losa Bubbledeck: Módulo de refuerzo.

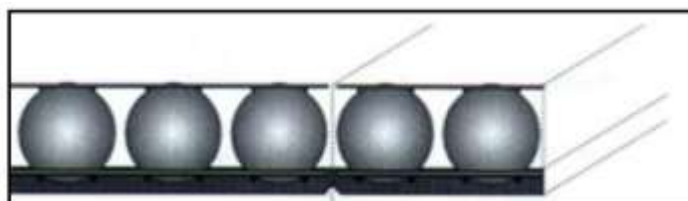


Fuente: Quraisyah et al. (2020).

2.2.2.2 Elementos de filigrana

Se trata de una combinación de construcción in situ y prefabricada. Esta losa ya viene con una capa inferior prefabricada de 60mm de hormigón que se transporta al sitio de construcción junto con las esferas de plástico y el acero sueltos. Luego se coloca de manera organizada las esferas plásticas y se usan soportes temporales para sostenerlas. Este tipo resulta conveniente cuando se quiere tener más libertad al colocar las esferas plásticas en ciertos sitios y en otros no, como por ejemplo en las aberturas para escaleras (Quraisyah et al., 2020).

Figura 6. Dibujo del tipo de losa Bubbledeck: Elementos de filigrana.

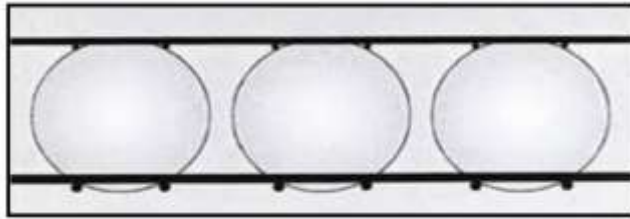


Fuente: Quraisyah et al. (2020).

2.2.2.3 Losa terminada

Es donde todo el material está prefabricado hasta su acabado, por lo cual solo es necesario transportarlo al sitio de construcción. Este tipo tiene desventajas en comparación a los otros dos porque se requieren elementos que lo soporten como vigas o muro de carga. Este tipo de losa es adecuada para lograr una rápida construcción en estructuras con luces cortas (Quraisyah et al., 2020).

Figura 7. Dibujo del tipo de losa Bubbledeck: Losa terminada.



Fuente: Quraisyah et al. (2020).

2.2.3 Proceso constructivo

Según BubbleDeck (2017) el proceso a seguir es el siguiente:

1. Armado y encofrado de columnas que soportarán el sistema de losa Bubbledeck.
2. Hormigonado de las columnas.
3. Apuntalamiento que cargue los componentes de losa en el proceso de fundición de hormigón.
4. Posicionamiento de la malla electrosoldada inferior
5. Posicionamiento de las esferas de polietileno
6. Posicionamiento de la malla electrosoldada superior y escalerillas
7. Armado complementario y encofrado lateral
8. Hormigonado de la losa (pág. 5)

2.2.4 Ventajas adicionales

Según BubbleDeck (2023b) las ventajas en la ingeniería civil son las siguientes:

- Menores deflexiones en grandes superficies.
- Reducción en las dimensiones de los elementos que conforman la cimentación
- Las instalaciones sanitarias y eléctricas pueden realizarse entre las esferas de polietileno y luego realizar la fundición de losa, por lo cual no representan un problema al momento de la construcción.
- Es posible usar acero post tensado el cuál hará este sistema de losa aún más efectivo al reducir las deflexiones y posible agrietamiento.

- Es ideal para crear losas térmicas gracias a los espacios entre esferas que posee.
- Tiene una gran resistencia sísmica, por lo cual es adecuado para zonas de alta actividad sísmica.
- Tiene un adecuado comportamiento ante explosiones gracias a su delgadez y poca rigidez, lo que lo hace menos probable que colapse.

2.3 Losa alveolar

Es un sistema de losas en una dirección compuesto por elementos de hormigón prefabricado y pretensado con sección transversal constante, cuyo peso se reduce mediante alveolos longitudinales que optimizan el uso de materiales, reduciendo su costo. Son ideales para construir sistemas de entrepiso donde se requiera cubrir grandes luces y en otras aplicaciones como graderíos o muros de contención (ANIVIP, 2022).

El ancho más común es 120 cm y el peralte depende de la luz que se desee cubrir y de las cargas a las que va a estar sometida la estructura, mientras que la forma de los alveolos varía según el fabricante (ANIVIP, 2022). En Ecuador se pueden encontrar peraltes desde 10 cm hasta los 25 cm.

Figura 8. Sistema de entrepiso aplicando losas alveolares.

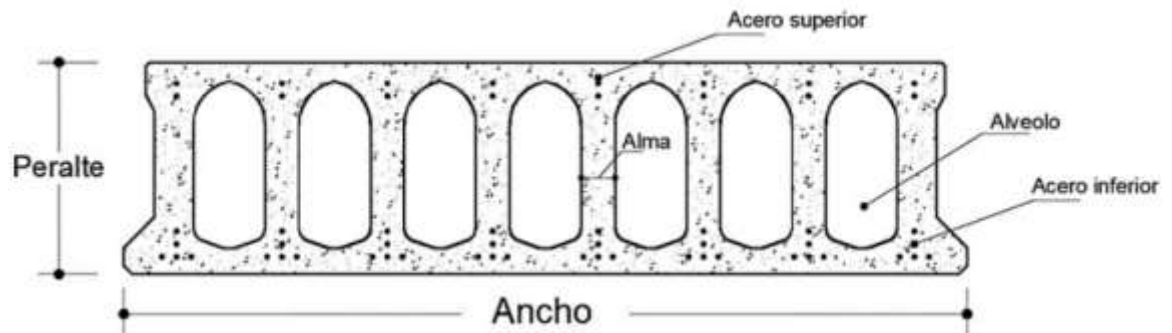


Fuente: SEPSA (2022)

Las placas alveolares se fabrican con juntas laterales, estas tienen la función de facilitar la unión en el borde inferior y dejar libre el borde superior para rellenar este espacio con hormigón y, de esta manera lograr una unión entre las placas y que estas actúen de forma conjunta. Además, para asegurar que el sistema trabaje monolíticamente, es común fundir in situ una losa de hormigón de 5 cm sobre las placas, comúnmente se la conoce como capa de compresión, esto aporta rigidez y resistencia al sistema con la desventaja de aumentar el peso propio y perder la simplicidad y velocidad de construcción (Industria Prefabricada de Hormigón[ANDECE], 2019).

Se coloca acero de presfuerzo en la parte superior para soportar los esfuerzos de tensión al que se someten las placas durante el transporte con grúa y también sirve para el control de la contraflecha (ANDECE, 2019).

Figura 9. Sección transversal de una losa alveolar.



Fuente: ANIVIP (2022)

2.3.1 Fabricación y materiales

ANDECE (2019) indica que la fabricación de las losas alveolares se realiza mediante los métodos de extrusión, encofrado deslizante o moldeo, sobre pistas de concreto o acero de más de 100 m de longitud sobre las cuales ruedan máquinas especializadas para verter y dar forma al hormigón, estas cuentan con una tolva para descargar el hormigón en su parte superior. En este proceso se logra un acabado liso en la parte inferior de la losa alveolar, agradable a la vista, mientras que en la superior se deja un acabado rugoso con el fin de mejorar la adherencia al hormigón que se va a verter in situ.

Al ser un elemento presforzado la resistencia del hormigón debe ser de 350 kg/cm² o superior y se deben emplear alambres o torones de alta resistencia, capaces de soportar los grandes esfuerzos a los que van a ser sometidos durante el método de presforzado.

Se requiere que la consistencia del hormigón sea seca ya que estas máquinas avanzan 1 metro por minuto, para esto se apuntan a relaciones agua/cemento del orden de 0.15 a 0.20 (ANDECE, 2019). Con esto se obtienen valores de revenimiento de 0 a 5 cm, pero también se pueden obtener productos de alta calidad al usar métodos de producción en húmedo, donde la relación agua/cemento oscila entre 0.4 y 0.5, las cuales producen valores normales de revenimiento que están en un rango de 5 a 13 cm (ANIVIP, 2022).

Figura 10. *Colado de la losa alveolar.*



Fuente: ANDECE (2019)

ANIVIP (2022) describe el proceso de fabricación de las losas alveolares de la siguiente manera:

1. Limpieza de la pista y aplicación de un desmoldante sobre su superficie para evitar que el hormigón se quede pegado.
2. Se coloca el acero de presfuerzo en unos agujeros localizados al extremo de la pista y se los ancla para poder realizar el proceso de tensado con un gato hidráulico, los tendones son firmemente acuñados para evitar el deslizamiento y finalmente se los corta.
3. Colado de la pista con la máquina extrusora o moldeadora que, además, tiene un sistema para asegurar la correcta ubicación del tendón.
4. Curado del hormigón con vapor de agua o con lonas que cubren su superficie. Al usar el curado con vapor se alcanza la resistencia requerida para la transferencia de presfuerzo tan solo 12 horas después del colado, mientras que mediante el uso de lonas este tiempo puede llegar a ser de 36 a 48 horas.
5. Destensado y corte del acero de presfuerzo cuando el hormigón tenga una resistencia a la compresión dentro del rango de 65% a 80% de $f'c$. El corte se hace aproximadamente 2 horas después de soltar los cables de presfuerzo, mediante el uso de discos de corte.

6. Manipulación y almacenamiento en patios donde ya están listas para su venta. (págs. 13-17)

Figura 11. *Acero de presfuerzo tensado.*



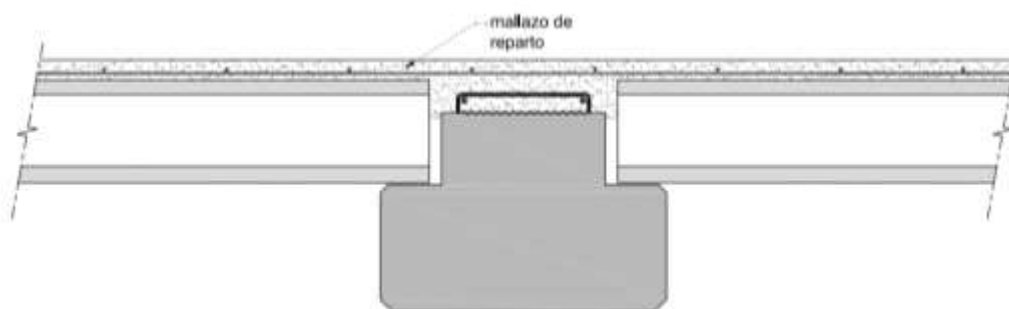
Fuente: ANIVIP (2022)

2.3.2 Conexión entre losas alveolares y vigas.

Las losas alveolares pueden apoyarse sobre vigas de hormigón prefabricadas o fundidas in situ, vigas de acero, vigas de acero, muros de mampostería y muros de carga prefabricados (Oman Ophiolite, 2022).

En vigas prefabricadas de hormigón es común utilizar secciones rectangulares o con forma de T invertida y en L para recibir a las losas alveolares, en cualquiera de estas secciones se debe dejar una parte de los estribos saliendo de la sección de hormigón para que se forme una conexión entre las losas alveolares y las vigas prefabricadas al momento de fundir la capa de compresión de 5 cm.

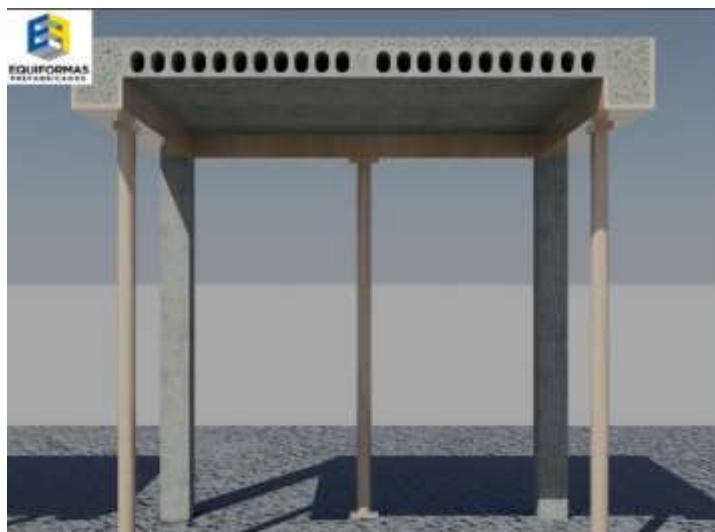
Figura 12. *Apoyo sobre vigas prefabricadas*



Fuente: Asociación para la Investigación y Desarrollo de Placas Alveolares (AIDEPLA, 2012)

Las vigas fundidas in situ no son tan recomendables para soportar estas losas ya que se pierde rapidez constructiva y hay un aumento de costos al ser necesario el uso de encofrado y apuntalamiento para fundir las vigas. Las losas prefabricadas se colocan sobre la madera para nivelarlas y que al fundir el hormigón se forme un sistema monolítico (Oman Ophiolite, 2022).

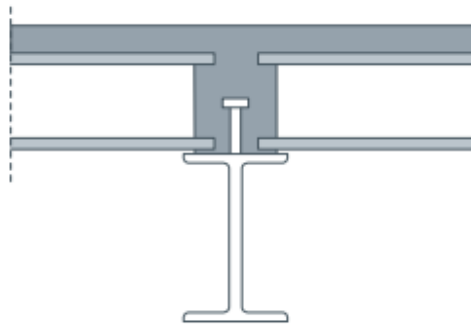
Figura 13. *Apoyo sobre vigas fundidas in situ*



Fuente: Equiformas Prefabricados (2022)

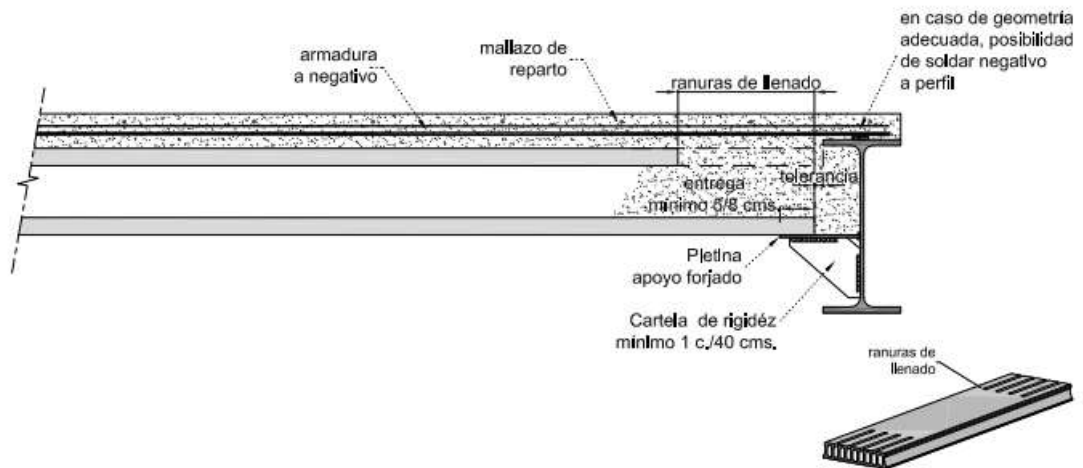
Para el apoyo sobre vigas de acero es necesario usar conectores de corte para anclar la viga metálica al hormigón y formar un sistema que trabaje conjuntamente. Se pueden utilizar perfiles W solos o combinados con platinas y ángulos.

Figura 14. Apoyo sobre vigas de acero usando un perfil W y conectores de corte



Fuente: Oman Ophiolite (2022)

Figura 15. Apoyo sobre viga formada por un perfil W y platinas.



Fuente: AIDEPLA (2012)

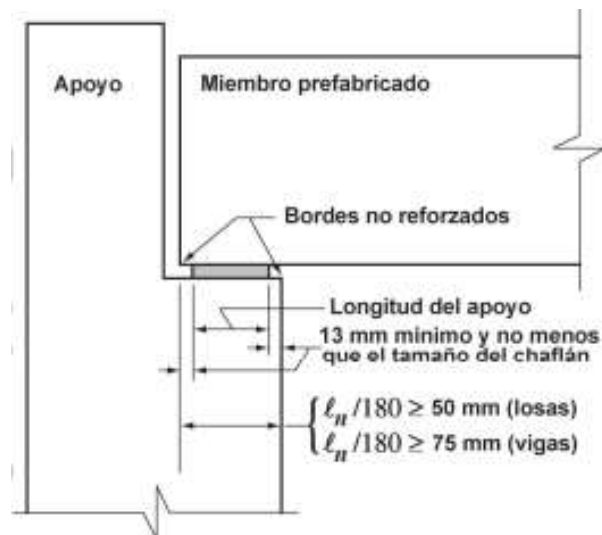
Para más detalles sobre las conexiones y su diseño, se pueden revisar los siguientes documentos:

- Catálogo de detalles constructivos de alveoplasas utilizadas en forjados (AIDEPLA, 2012).
- PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs and Walls MNL-126-15E (Precast/Prestressed Concrete Institute [PCI], 2015).
- Design and typical details of connections for precast and prestressed concrete (PCI Committee on Connection Details, 1988).

2.3.2.1 Longitud de apoyo

El ACI 318 (2019) detalla la dimensión mínima de la conexión de apoyo para losas alveolares como la mayor de: 50 milímetros o la longitud libre dividida entre 180.

Figura 16. Longitud de contacto en el apoyo

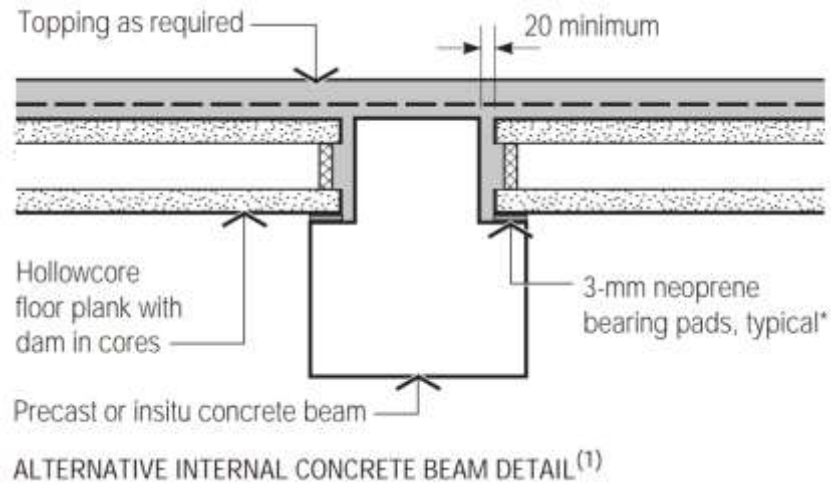


Fuente: ACI 318 (2019)

ANDECE (2019) indica que se debe apoyar las losas alveolares sobre una capa de hormigón fresco o sobre un apoyo elastomérico, generalmente una banda de neopreno, con la función de prevenir el agrietamiento en estas zonas de apoyo. La banda de neopreno debe colocarse al menos 1.3 cm alejado de la cara del apoyo como se muestra en la Figura 16.

El manual NPCAA (2003) indica que se puede usar un apoyo de neopreno de 3 milímetros y se debe dejar una longitud de tolerancia de 2 cm entre el borde de la losa alveolar y la viga prefabricada.

Figura 17. *Detalle de conexión sobre viga de hormigón.*



Fuente: NPCAA (2003)

2.3.3 Almacenaje, transporte y colocación

Durante la fabricación, almacenaje, transporte e instalación las losas alveolares se deben apoyar y elevar solamente en los puntos de apoyo o elevación especificados por el fabricante (Concrete Technology L.L.C, 2022).

Para la elevación de las placas se usan equipos especializados, en caso de que la losa tenga medidas estandarizadas se usan 2 pinzas unidas por una cercha o viga de separación, además se coloca una cadena de seguridad bajo la losa prefabricada, para otras medidas se puede usar cadenas (Revista Obras Urbanas, 2018).

Figura 18. *Equipo usado para la elevación de losas alveolares*



Fuente: Concrete Technology L.L.C (2022)

El almacenaje se debe hacer en un terreno plano y firme, colocando tacos o listones de madera para evitar el contacto con el suelo o entre placas y se deben almacenar de manera que las marcas de identificación de cada losa sean visibles (Revista Obras Urbanas, 2018).

Se usan camiones plataforma para el transporte, la carga se puede movilizar por camión depende de su capacidad y de la geometría de las losas. Por asegurar condiciones de seguridad las placas deben asegurarse al camión utilizando cadenas y correas si es necesario (Concrete Technology L.L.C, 2022).

Figura 19. *Transporte en camiones*



Fuente: Concrete Technology L.L.C (2022)

Para la instalación se debe proveer de la cantidad suficiente de losas alveolares a medida que avanza la obra, de forma que se evite el almacenaje en la obra y es preferible que las placas se monten desde el camión al lugar de colocación sobre la estructura. Si se desea almacenar en obra se debe asegurar una ubicación que facilite la carga y el proceso de montaje (Revista Obras Urbanas, 2018).

En la operación de montaje normalmente se requiere de un equipo de 4 personas, el operador de la grúa y tres encargados del montaje, de los cuales uno de ellos se dedica a enganchar las piezas a la grúa a nivel del suelo. Las pinzas utilizadas para cargar estos elementos son muy eficientes al colocar cada pieza en su lugar, minimizando la cantidad de trabajo de los montadores, quienes se encargan de retirar la cadena de seguridad, antes de que la grúa descargue las losas en su lugar, y terminar de unir las placas usando palancas. Un montador se encarga de dirigir los movimientos de la grúa, mientras tanto los trabajadores deben colocarse en una posición segura y al momento de mover las placas alveolares deben mantener sus manos fuera de zonas de peligro (Revista Obras Urbanas, 2018).

Figura 20. *Colocación con pinzas*



Fuente: Revista Obras Urbanas (2018)

De acuerdo a Manzanares (2016), gerente técnico de ANIVIP, se pueden instalar de 400 a 600 m² en una jornada de trabajo de 8 horas; mientras que Concrete Manufacturers Association (CMA, 2008) mencionan en su manual que se pueden cubrir 500 m² en un día usando un solo equipo para la instalación.

2.3.4 Ventajas y desventajas del uso de losas alveolares

Según SEPSA (2022) el sistema de losas alveolares tiene muchos beneficios, entre los que se destacan los siguientes:

- Producto de bajo impacto ambiental. Gracias a las bajas relaciones agua/cemento necesarias, hace que, durante su producción, se requiera de una menor cantidad de agua y se evita el uso de encofrados tanto de metal como de madera.
- Se optimiza el uso de materiales, logrando cubrir grandes claros con secciones más esbeltas, esto es gracias al presforzado y la reducción de su peso mediante alveolos longitudinales.
- Reducción del hormigón colado in situ.
- Alto control de calidad.
- Control de deflexiones gracias a la contraflecha producida por el presforzado.
- Son autoportantes, por lo que no se requiere de apuntalamiento o si se requiere es mínimo.
- Requiere una mínima cantidad de mano de obra para su fabricación y montaje.
- Posibilidad de colocar instalaciones de distintos tipos dentro de los alveolos.
- Sencillez y rapidez de constructiva.
- Pueden ser cortadas para adaptarse a las formas requeridas por el diseño arquitectónico específico para cada proyecto. (págs. 4-5)

Figura 21. *Acabado final de la losa alveolar.*



Fuente: SEPSA (2022)

Las desventajas de este sistema de losa es que se requiere de transporte y grúa para la colocación de las placas alveolares, por lo que debe considerarse el gasto de alquiler y del operador para estos equipos.

CAPÍTULO III: DESARROLLO

3.1 Consideraciones generales

Este trabajo parte del modelo estructural existente del centro comercial Buijo City Center elaborado en el programa de elementos finitos SAP2000. Este diseño existente hizo uso del sistema de losa Metaldeck y posee un área de entrepiso de 1730 m².

El entrepiso está compuesto de vigas de hormigón, nervios metálicos, paneles de acero galvanizado, malla electrosoldada y la capa de hormigón fundida sobre los paneles.

Figura 22. *Modelo tridimensional realizado en SAP2000 del sistema de losa Metaldeck.*

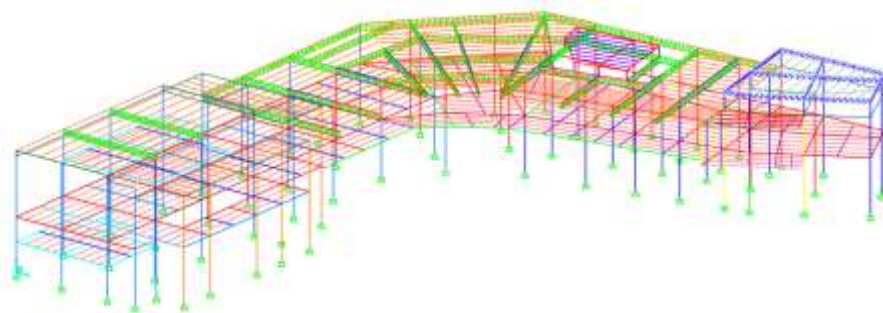


Figura 23. *Entrepiso estructural en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.*

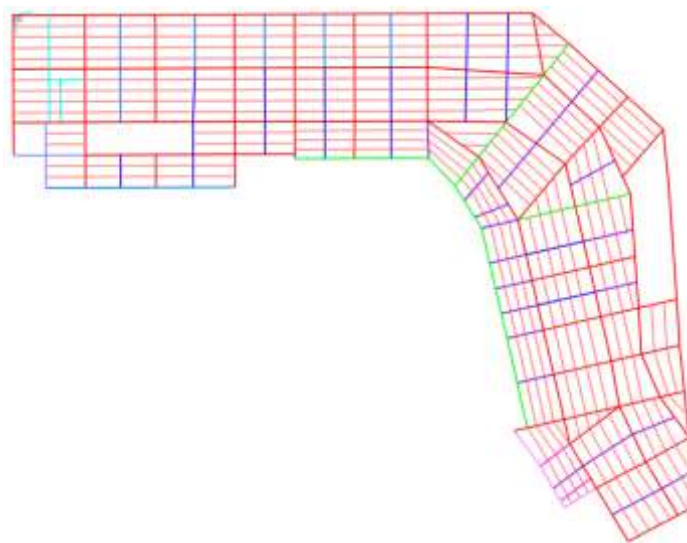
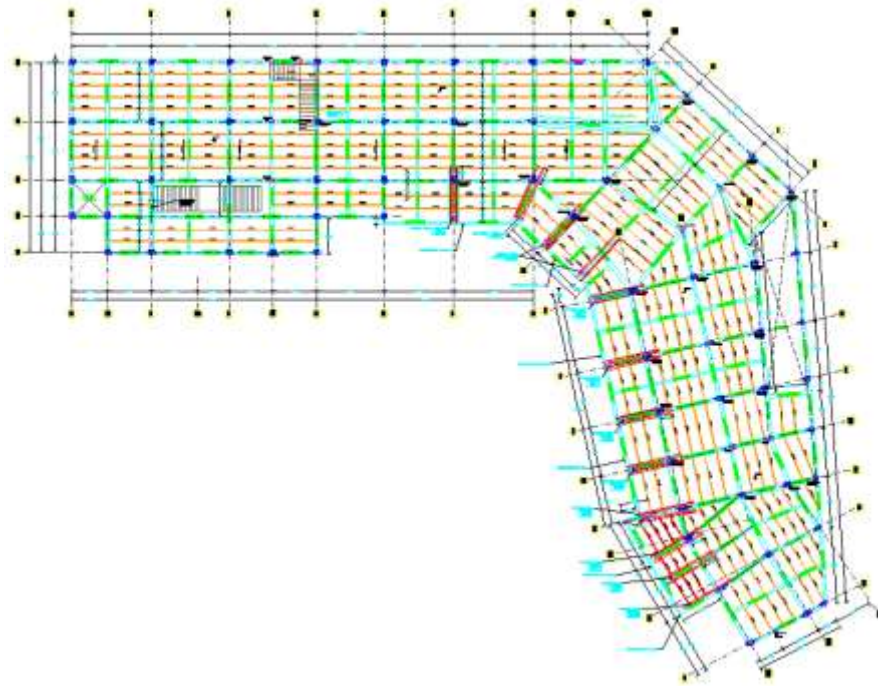


Figura 24. Plano estructural de entrepiso de la losa Metaldeck en el programa AutoCAD.



Se realiza un análisis del costo de los tres sistemas de losa y una comparación entre los mismos para así llegar a una conclusión en la cual se destaque al más viable.

Para la modificación del entrepiso se realizaron los diseños y análisis de las otras dos losas usando los siguientes documentos:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC-15) con las especificaciones a las que hace referencia:
 - NEC NEC-SE-CS-Cargas (No Sísmicas) (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015a)
 - NEC-SE-DS Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015b)
- American Concrete Institute: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) (American Concrete Institute, 2019)

3.1.1 Definición de cargas

Las cargas contempladas para el análisis de las losas se encuentran especificadas a continuación.

3.1.1.1 Carga muerta (D)

Se usa el peso propio de los elementos que se consideraron en el modelo de elementos finitos SAP2000 el cual lo calcula automáticamente.

3.1.1.2 Carga muerta Super-Impuesta (SD)

Se tienen en cuenta los pesos de elementos no estructurales como paredes, acabados arquitectónicos, instalaciones y tumbados, lo cual resulta en una carga de 200 kg/m².

3.1.1.3 Carga viva (L)

Está definida como las cargas variables en el tiempo durante la utilización de la estructura. Esto resulta en una carga viva de 480 kg/m² según (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015a).

3.1.2 Deflexiones permisibles

Son las deformaciones verticales en los elementos que componen el entrepiso producto de las cargas transitorias y permanentes, las deflexiones actuantes de los tres sistemas de losa se comparan con el valor de la deflexión máxima admisible calculada de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1. Deflexión máxima admisible.

Miembro	Condición		Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas planas	Que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		Deflexión inmediata debida a L_v , S y R .	$l/180^{[1]}$
Entrepisos			Deflexión inmediata debida a L .	$l/360$
Cubiertas o entrepisos	Soporten o están ligados a elementos no estructurales.	Susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) ^[2] .	$l/480^{[3]}$
		No susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240^{[4]}$

Fuente: American Concrete Institute (2019)

3.1.3 Porcentaje de cuantía de vigas por acero de refuerzo por flexión y cortante

Este es un valor que representa, en porcentaje, el peso del acero que contiene una viga con respecto al peso de hormigón que posee.

A partir de una viga se obtiene el peso de hormigón total de esta y se contabiliza el peso del acero longitudinal y transversal dentro de la misma. Estos valores se dividen entre sí y se obtiene el porcentaje de cuantía de la viga.

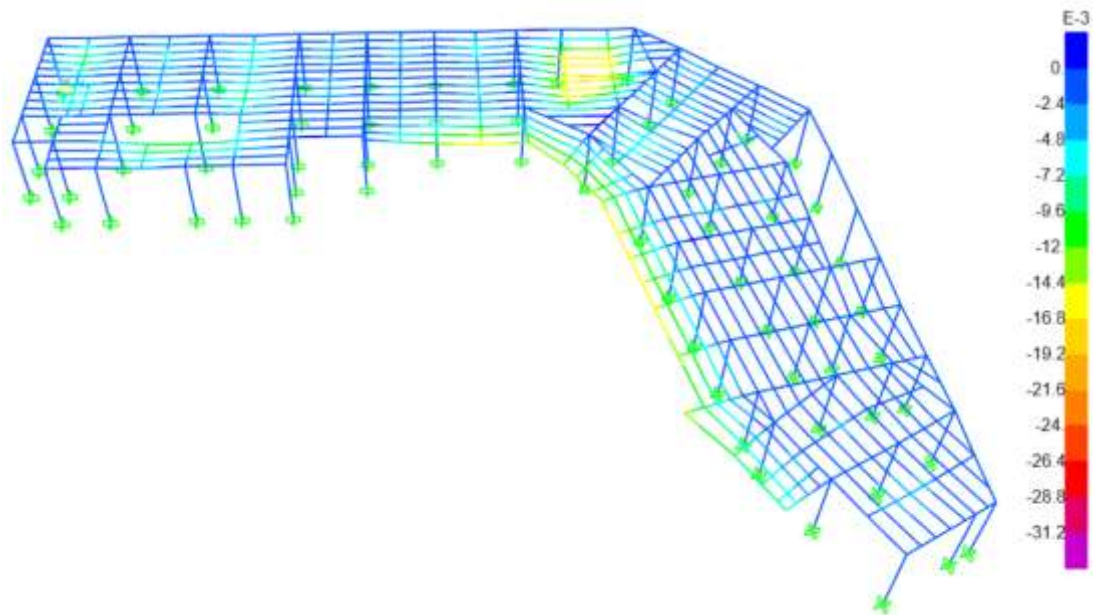
3.2 Sistema de entrepiso con losa Metaldeck

Este sistema de losa en la estructura ya fue previamente diseñado, por lo cual se realiza un análisis.

3.2.1 Deflexiones

La máxima deflexión en la losa Metaldeck es de 1.62 cm, esta ocurre en una viga con una longitud de 12.54 cm.

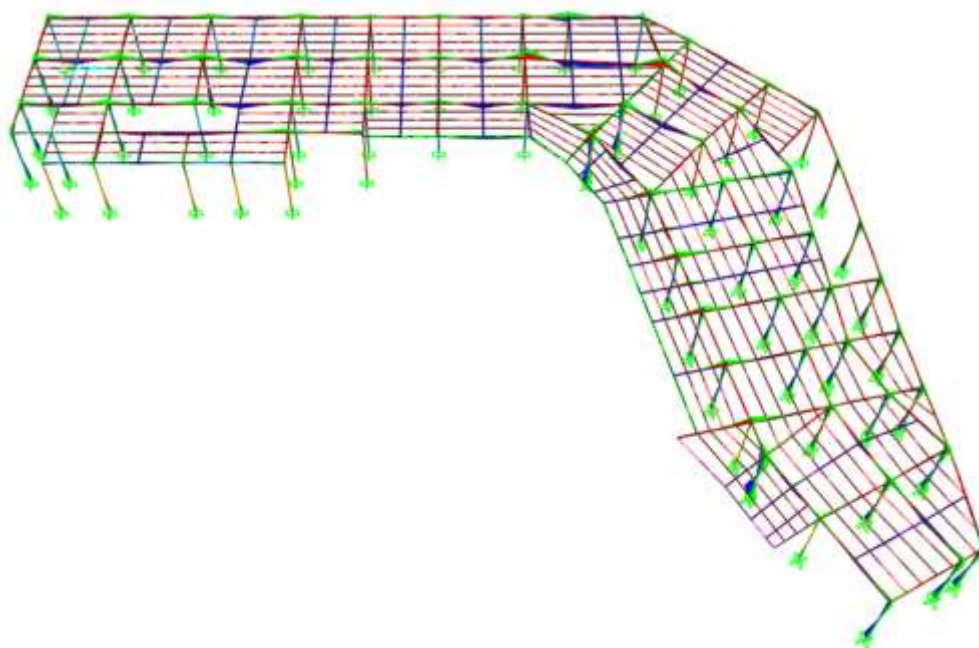
Figura 25. *Deflexiones actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.*



3.2.2 Momento actuante

El valor máximo de momento en la losa Metaldeck es de 43.15 ton-m y pertenece a una de las vigas principales.

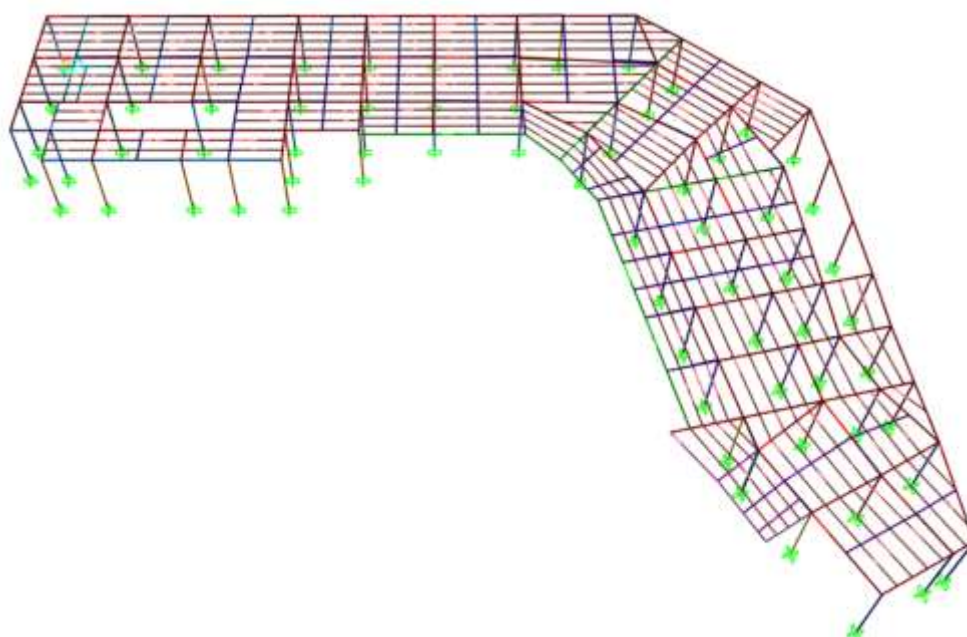
Figura 26. Momentos actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.



3.2.3 Cortante actuante

El valor máximo de cortante en la losa Metaldeck es de 28.41 ton y pertenece a una de las vigas principales.

Figura 27. Cortantes actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Metaldeck.



3.3 Sistema de entepiso con losa Bubbledeck

3.3.1 Investigación de información

Se realiza una investigación acerca de documentos que contengan información útil de la losa como sus secciones, propiedades y comportamiento, además de videos que proporcionen conocimiento de los procesos constructivos de la misma.

Para el diseño de este tipo de losa se considera el caso de que esta sea construida en sitio usando las esferas de plástico reciclado Bubbledeck y colocando dichas esferas dejando espacio para poder colocar el armado de las vigas principales “escondidas” que serán fundidas simultáneamente con la losa.

Figura 28. Vista de las vigas “escondidas” en la losa Bubbledeck.



Fuente: (Bubbledeck México; Danstek, 2016a)

En este trabajo asume que las esferas de polietileno son fabricadas en el Ecuador ya que la importación las mismas haría que la construcción de este sistema de losa no fuese viable económicamente.

Para una mejor comprensión acerca de la losa se contacta a un ingeniero mexicano que tiene derecho de patente de la losa Bubbledeck (Danstek) el cual compartió información adicional que sirvió de ayuda para el análisis de la losa y su diseño.

De acuerdo con Bubbledeck México; Danstek (2016b) se pueden usar las siguientes secciones de losa Bubbledeck de acuerdo con la luz entre columnas del proyecto y su demanda.

Tabla 2. Secciones de losa Bubbledeck.

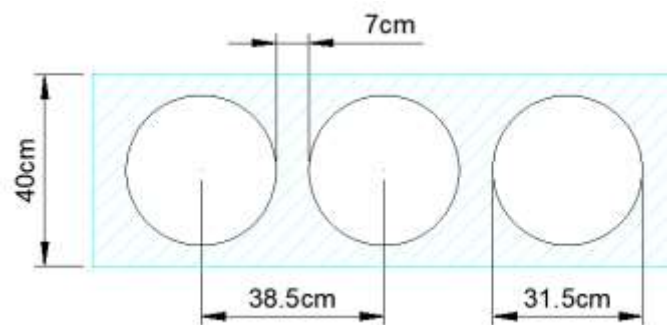
Peralte	Espesor de losa	Diámetro de esfera	Claros continuos	Máxima longitud de cantiléver	Claro
BDM230	23 cm	180 mm	5-8 m	≥2.5 m	5-6.5 m
BDM280	28 cm	225 mm	7-10 m	≥3.3 m	6-7.5 m
BDM340	34 cm	270 mm	9-12 m	≥4.0 m	7-9.5 m
BDM390	39 cm	315 mm	11-14 m	≥4.5 m	9-10.5 m
BDM450	45 cm	360 mm	13-16 m	≥5.4 m	10-12.5 m
BDM510	51 cm	410 mm	15-18 m	≥6.0 m	11-13.5 m
BDM600	60 cm	500 mm	16-21 m	≥7.0 m	12-15.0 m

Fuente: Bubbledeck México; Danstek (2016b)

Se elige diseñar y analizar la sección de losa BDM390 debido a que en una parte de la estructura se tiene un claro continuo de 12 m.

Se usará un hormigón con una resistencia a compresión $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Figura 29. Sección de la losa Bubbledeck usada en este proyecto.



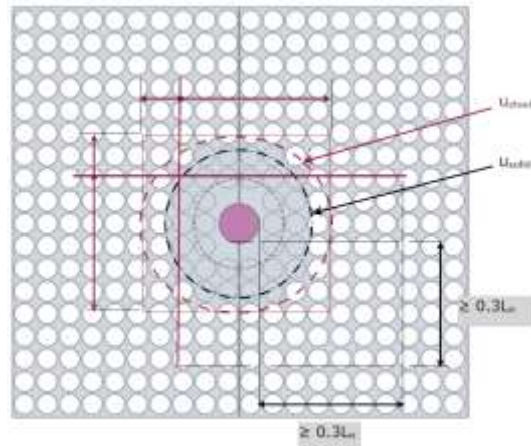
Se tiene la sección transversal de la losa que cuenta con un espesor de 40 cm y posee esferas de polietileno con un diámetro de 31.5 cm las cuales están separadas 7 cm entre sí

3.3.2 Modificaciones en el entrepiso para adaptarlo al sistema con losa Bubbledeck

Se eliminan las vigas secundarias y los nervios metálicos del modelo anterior ya que este tipo de losas no las necesita, y se conservan las vigas principales.

Además, en las zonas cercanas a las columnas no se colocaron esferas Bubbledeck para evitar el punzonamiento.

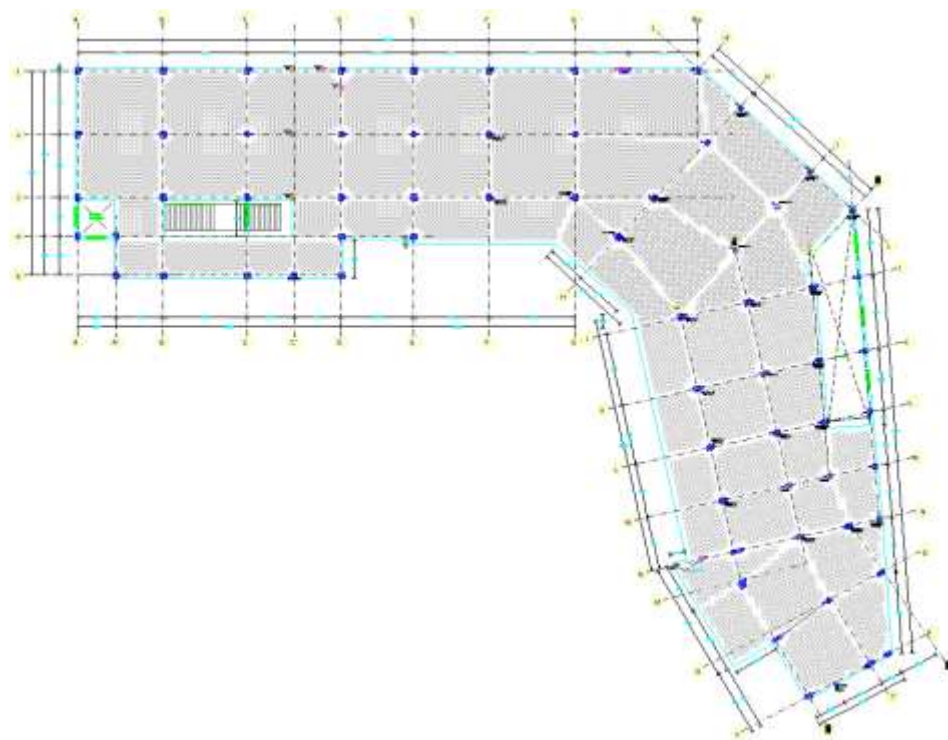
Figura 30. Disposición de esferas cercanas a una columna.



Fuente: (Kyng consulting pty ltd, 2008)

La disposición de la losa se dibuja en el programa AutoCAD donde se pueden apreciar las zonas en las que irán las vigas “escondidas” y otras zonas en las que sí se colocan vigas rectangulares ya que se tienen vacíos para escaleras y elevadores.

Figura 31. Plano estructural de entepiso de la losa Bubbledeck.

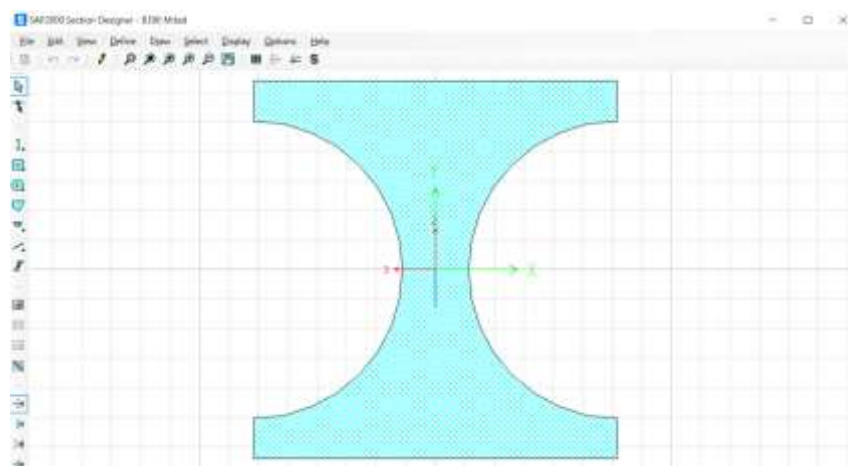


3.3.2.1 Modelo en SAP2000

Se modifica el modelo estructural del proyecto con losa Metaldeck modelando la losa Bubbledeck en el programa de elementos finitos SAP2000. Esto se realiza mediante elementos tipo frame como lo indica Kyng consulting pty ltd (2008).

Los elementos tipo frame que conforman la losa Bubbledeck se dibujan en la herramienta llamada "section designer" del programa SAP2000. Estos fueron dibujados de un ancho de 38.5 cm el cual es la distancia de centro a centro de las esferas de polietileno, juntos estos representarían la losa completa.

Figura 32. Vista transversal de los elementos tipo frame que conforman la losa Bubbledeck en SAP2000.



Una vez se incorporan estos elementos en el modelo estructural entrecruzándolos se obtiene una "malla" la cual permite analizar adecuadamente la losa.

Figura 33. Acercamiento del entrepiso en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.

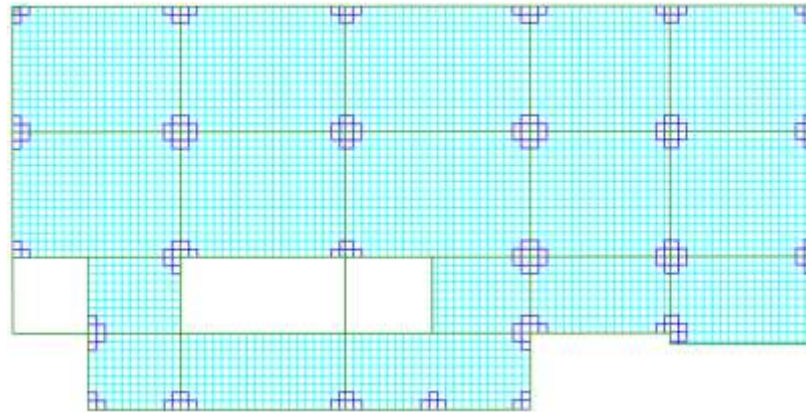
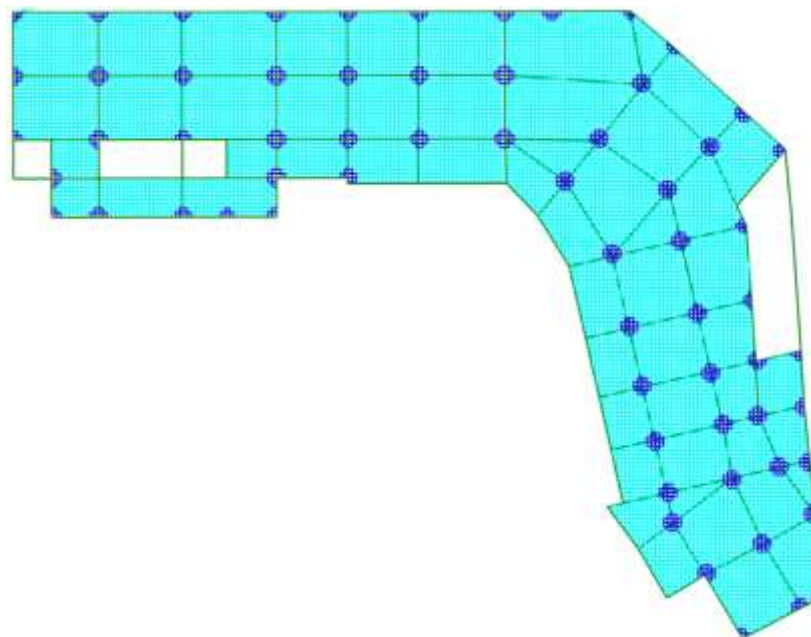


Figura 34. Entrepiso estructural en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.



3.3.2.2 Definición de las secciones de vigas

Se usan vigas de hormigón rectangulares de sección 30x40 cm, esto se realiza dejando un espacio de 35 cm entre esferas para poder colocar el acero longitudinal y transversal correspondiente de estas vigas. El peralte de la viga se definió como 40 cm para que sea igual que el espesor de la losa y el ancho de 30 cm se obtuvo analizando la demanda calculada con el modelo en SAP200.

En las zonas en las cuales se tienen vacíos para escaleras y un elevador se usaron vigas de secciones 30x40 cm y 30x50 cm que satisfacen la demanda.

3.3.3 Análisis y diseño de los elementos del entrepiso

Para el diseño y análisis de las vigas y la losa Bubbledeck se usaron los siguientes documentos adicionales a la normativa ACI 318 (2019):

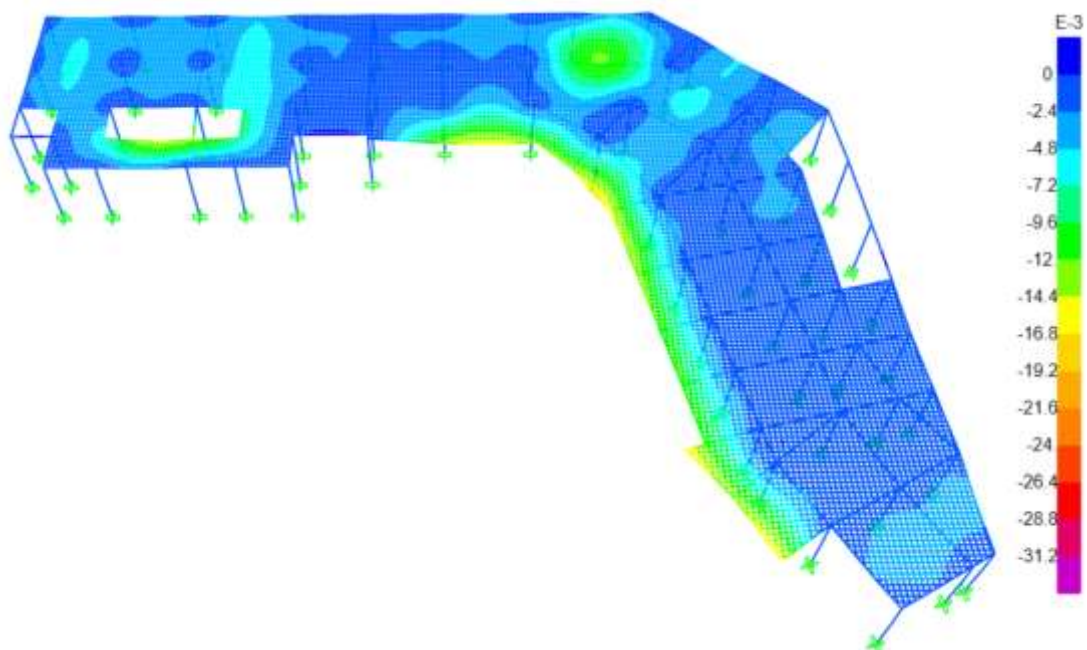
- Manual de diseño y cálculo estructural (Bubbledeck México; Danstek, 2016b).
- BubbleDeck Design Guide for compliance with BCA using AS3600 and EC2 (Kyng consulting pty ltd, 2008).

En la sección de Anexos se muestran las hojas de cálculo usadas para el análisis y diseño de esta losa.

3.3.3.1 Deflexiones

La máxima deflexión en la losa Bubbledeck es de 1.22 cm, esta ocurre en la losa en una zona con claro entre columnas de 12.54 m.

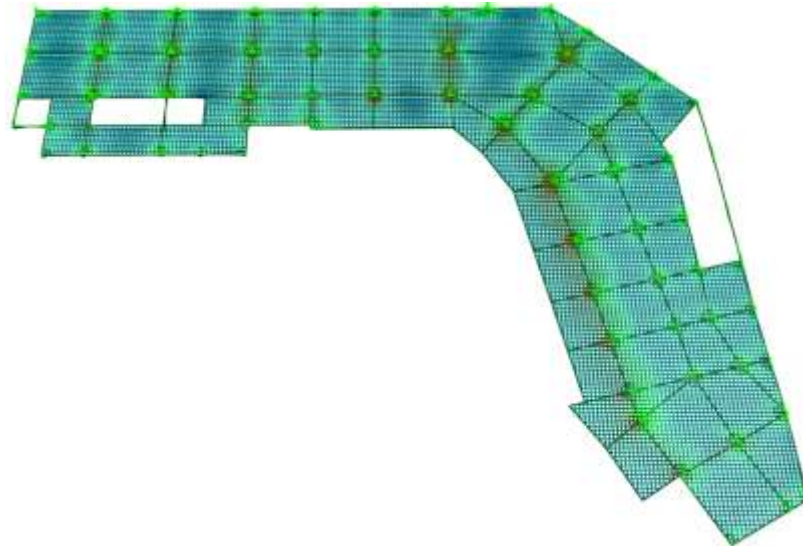
Figura 35. Deflexiones actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.



3.3.3.2 Momento actuantea

El valor máximo de momento en la losa Bubbledeck es de 26.16 ton-m y pertenece a una de las vigas principales escondidas.

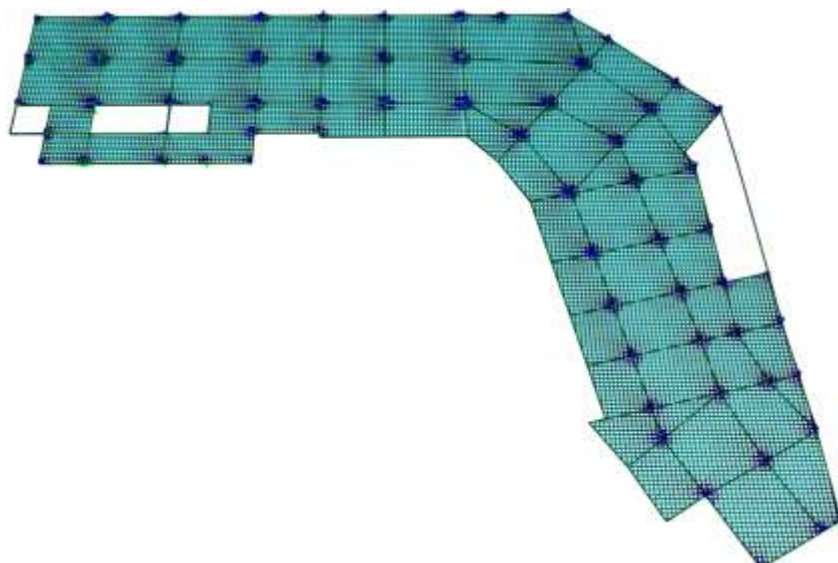
Figura 36. Momentos actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.



3.3.3.3 Cortante actuante

El valor máximo del cortante en la losa Bubbledeck es de 39.86 ton y pertenece a una de las vigas principales escondidas.

Figura 37. Cortantes actuantes en el software SAP2000 del sistema de la losa Bubbledeck.



3.4 Sistema de entepiso con losas alveolares

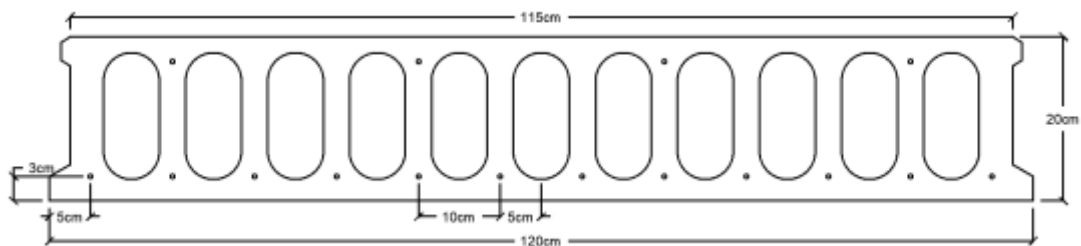
3.4.1 Investigación de información

Se realiza una investigación para conocer los principios básicos de las losas alveolares, sus secciones típicas, su disposición en la estructura y su comportamiento, en general, las posibilidades que brinda este sistema y poder aplicarlo al caso específico del centro comercial Buijo City Center.

Para lograr comprender mejor el sistema y resolver las dudas que surgieron a raíz de la investigación, se contacta con un fabricante de losas alveolares del país, con quien se tuvo una reunión en la que se habló del proyecto del centro comercial y después de ver los planos nos brindó asesoría sobre su producto e información valiosa con la cual partir para el nuevo diseño del entepiso usando losas alveolares.

Se obtiene información de los materiales usados en la fabricación, el hormigón tiene una resistencia a la compresión $f'c$ de 450 kg/cm^2 y el acero de presfuerzo resistencia tiene un esfuerzo último fpu de 18900 kg/cm^2 . El fabricante recomienda una altura de 20 cm para la losa alveolar en función de las luces que queremos cubrir en el edificio y de las cargas que van a estar presentes sobre la estructura durante su vida útil.

Figura 38. Sección de la losa alveolar usada en el diseño para este proyecto.



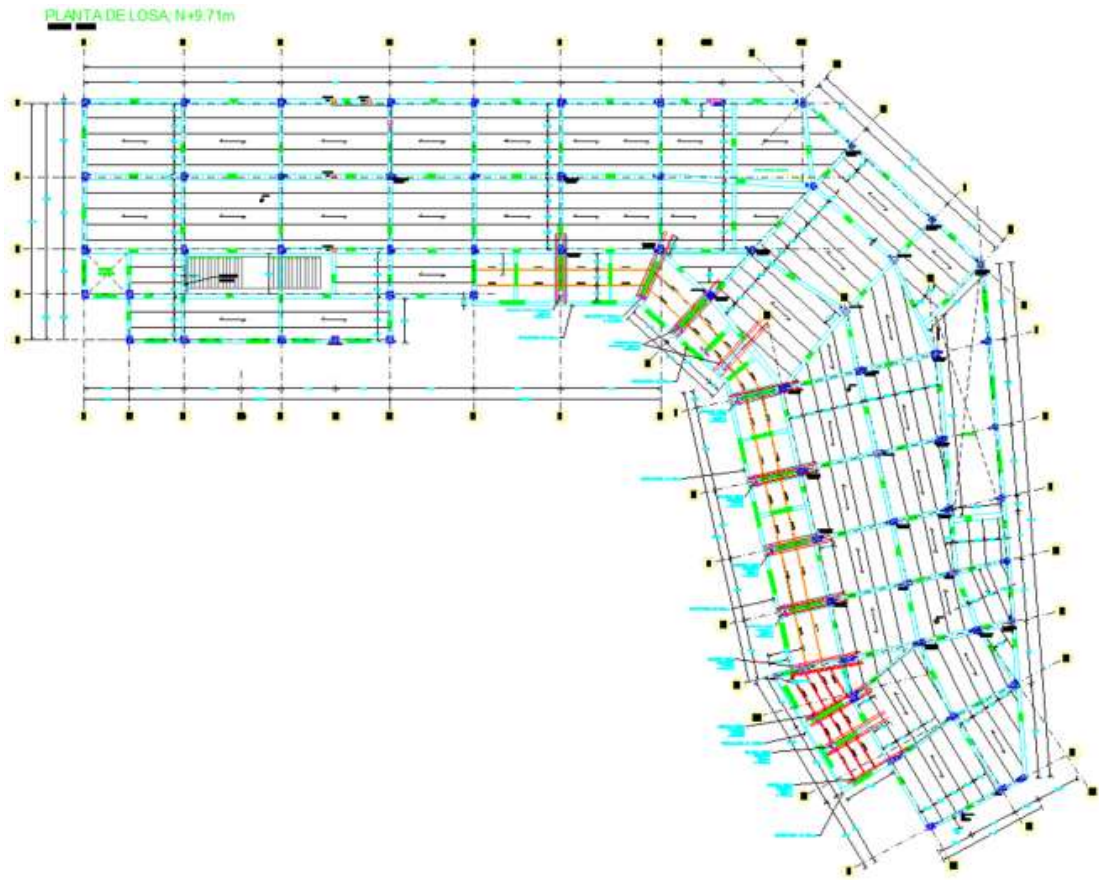
En la Figura 38 se muestra la sección transversal provista por el fabricante, modificada para tener un ancho inferior de 120 cm y superior de 115 cm, los cuales se usaron para el diseño, pero en realidad estas placas alveolares se fabrican con 2 cm menos de ancho con el fin de tener un valor de tolerancia que facilite el proceso de montaje.

Las posiciones del acero de presfuerzo son las que se usan típicamente, pero esto puede variar en función de los requerimientos del diseño. Para este caso en específico se decide usar torones de 12.7 mm en la posición graficada.

3.4.2 Modificaciones en el entrepiso para adaptarlo al sistema con losas alveolares

Con el fin aprovechar los beneficios del presforzado en las losas alveolares, se eliminan las vigas secundarias usadas en el sistema de losa con Metaldeck, lo que debe ser considerado para el análisis económico. Para el voladizo se decide mantener el sistema con Metaldeck ya que se requieren las vigas secundarias para distribuir de mejor manera las cargas y no sobrecargar a las vigas en un solo sentido; manteniendo estas vigas la longitud libre es menor y como se mencionó anteriormente, se busca cubrir luces más grandes para usar el sistema de losa alveolar. Con estos cambios, se dibuja en AutoCAD la losa de entrepiso con el sistema de losa alveolar.

Figura 39. Vista en planta de losa con el sistema de losas alveolares
(AutoCAD)

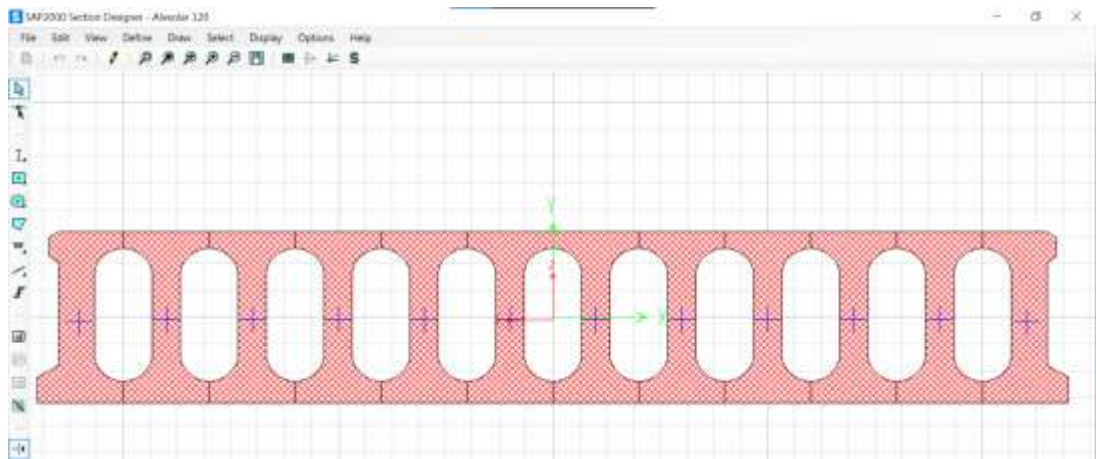


3.4.2.1 Modelo en SAP2000

Siguiendo el plano dibujado y los datos obtenidos del fabricante, se realiza un modelo en el programa de elementos finitos SAP2000 con el fin de determinar los momentos, cortantes y deflexiones en la estructura.

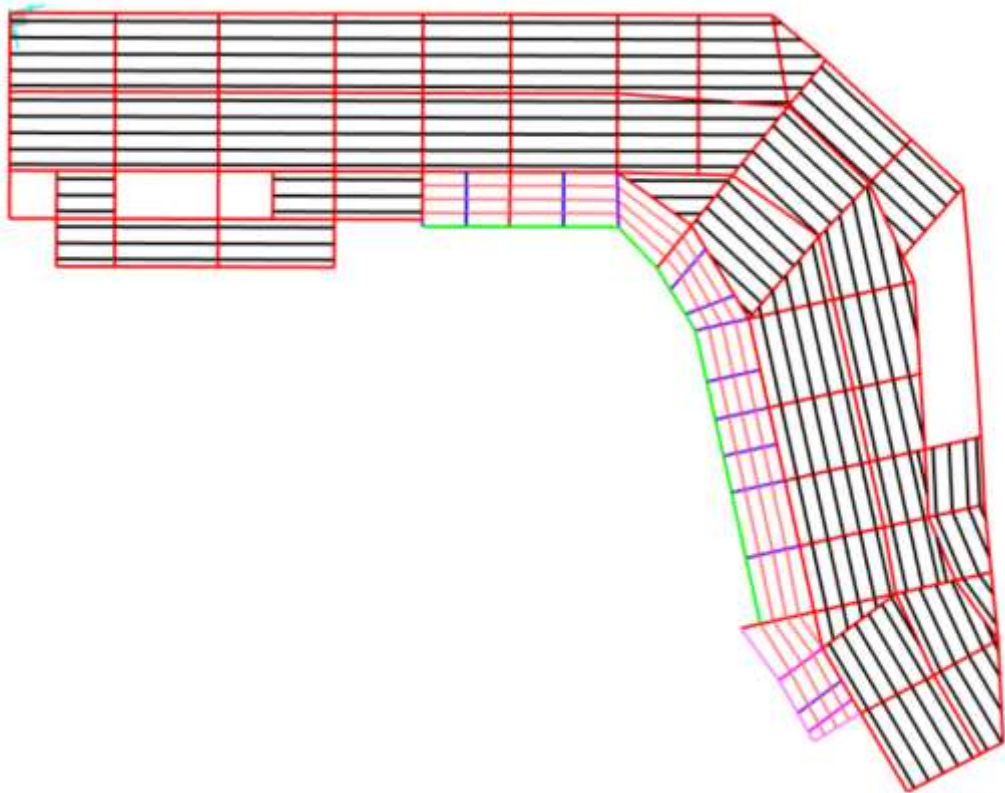
Las losas alveolares se dibujan utilizando elementos tipo frame, a los cuales se les va a asignar las cargas distribuidas tomando en cuenta que tienen un ancho efectivo de 1.2 m. El manual PCI (2015) dice que estos elementos se deben analizar como simplemente apoyados, por lo que en el modelo se asignan “releases” a los frames, estos tienen la función de dar libertad de movimiento traslacional y rotacional en las direcciones deseadas. Teniendo esto en mente, se define la sección transversal de la losa alveolar usando la herramienta “section designer”.

Figura 40. Sección transversal de la losa alveolar en SAP2000



En este modelo no se reflejan los aceros de presfuerzo que tendrían la función de reducir las deflexiones en las losas alveolares, aunque en un principio se intentó colocarlos, por complicaciones al momento de modelarlos y de correr el programa se decidió analizar este efecto calculando la contraflecha manualmente.

Figura 41. Modelo del sistema de entrepiso usando losas alveolares en SAP2000

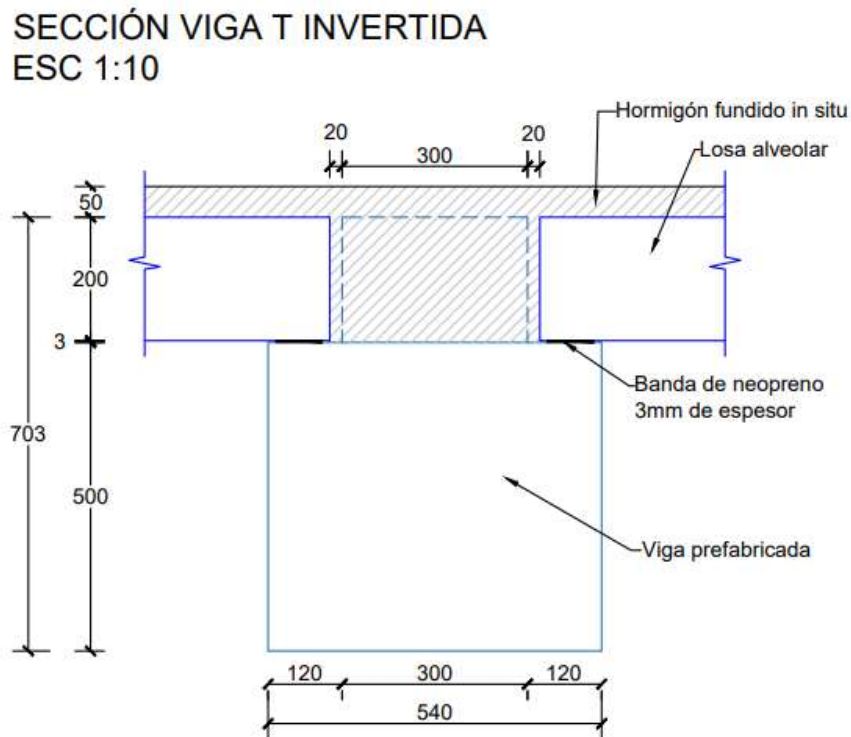


3.4.2.2 Definición de la sección de vigas

Es necesario modificar la sección de las vigas de manera que sirvan como apoyo para las losas alveolares, por lo que se va a construir vigas con secciones de T invertida y L, con un ancho de 54 cm y 40 cm, respectivamente. Estas se van a construir en 2 fases, una viga prefabricada con una parte de los estribos que queda fuera del hormigón y al momento de fundir la capa de hormigón sobre las losas alveolares se fundirá la parte faltante de la viga para formar las secciones anteriormente mencionadas. De esta manera no solo se está cumpliendo con el requisito de tener una longitud de apoyo para las losas alveolares, sino que además se mejora la conexión entre las vigas y las losas mediante el hormigón fundido in situ. Para las vigas prefabricadas se utiliza un hormigón de resistencia a la compresión f'_c de 350 kg/cm² y para el hormigón fundido in situ un f'_c de 280 kg/cm².

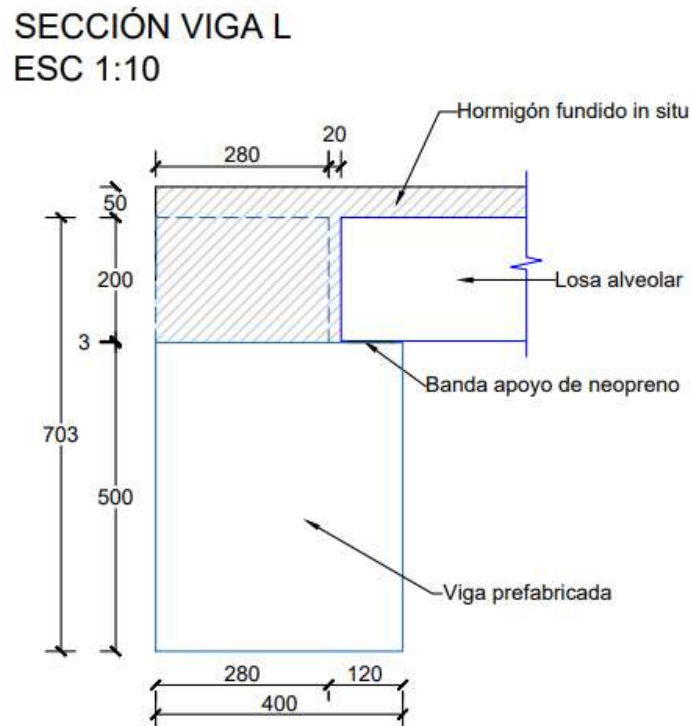
Con lo mencionado anteriormente y considerando un peralte adecuado para satisfacer la demanda calculada con el modelo en SAP2000, se proponen las siguientes secciones de vigas prefabricadas:

Figura 42. Sección de la viga con forma de T invertida (unidades en mm)



Esta sección se utiliza para las vigas que cargan a las losas alveolares en ambos lados. La línea discontinua representa la sección de la viga que se va a fundir in situ.

Figura 43. Sección de la viga en forma de L (unidades en mm)



Esta sección se utiliza para las que cargan a las losas alveolares en un solo lado.

Además de estas dos secciones, también se va a usar vigas prefabricadas de 30x70 cm en las zonas donde no se necesita soportar a las losas alveolares.

3.4.3 Análisis y diseño de los elementos del entrepiso

Los cálculos para el diseño de vigas y análisis de las losas alveolares se realizaron siguiendo la normativa ACI 318 (2019), además para estas últimas se utilizaron los siguiente manuales:

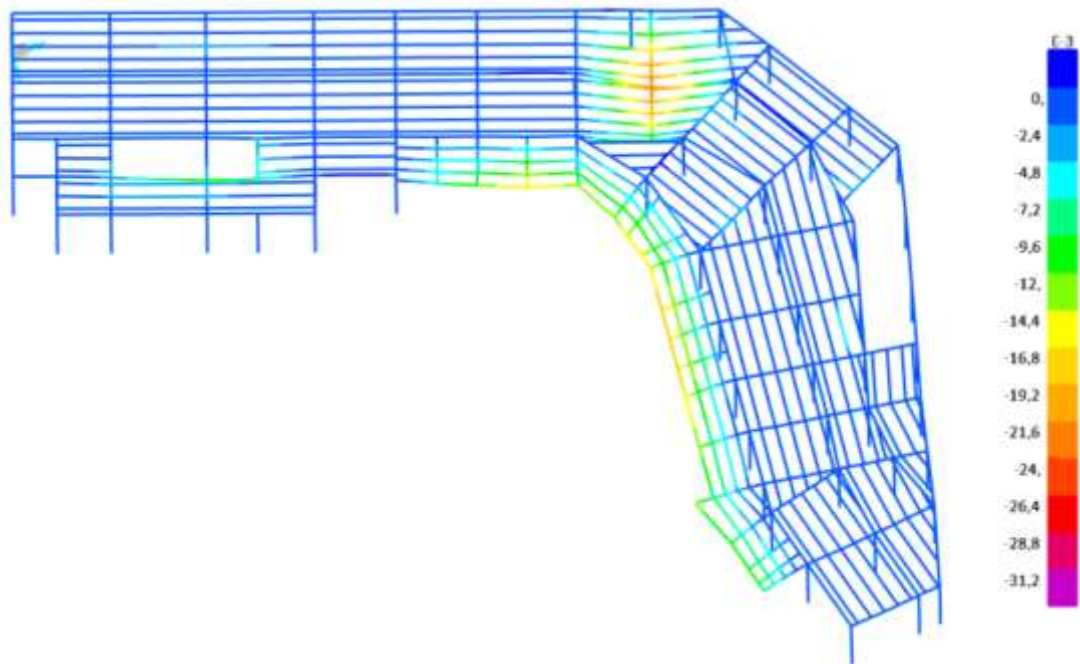
- PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs and Walls (PCI, 2015).
- Forjados prefabricados de hormigón (ANDECE, 2019).
- National Precast Concrete Association Australia (NPCAA, 2003)

En la sección de Anexos se presentan las hojas de cálculo que se usan para este nuevo diseño del sistema de entrepiso con losas alveolares.

3.4.3.1 Deflexiones

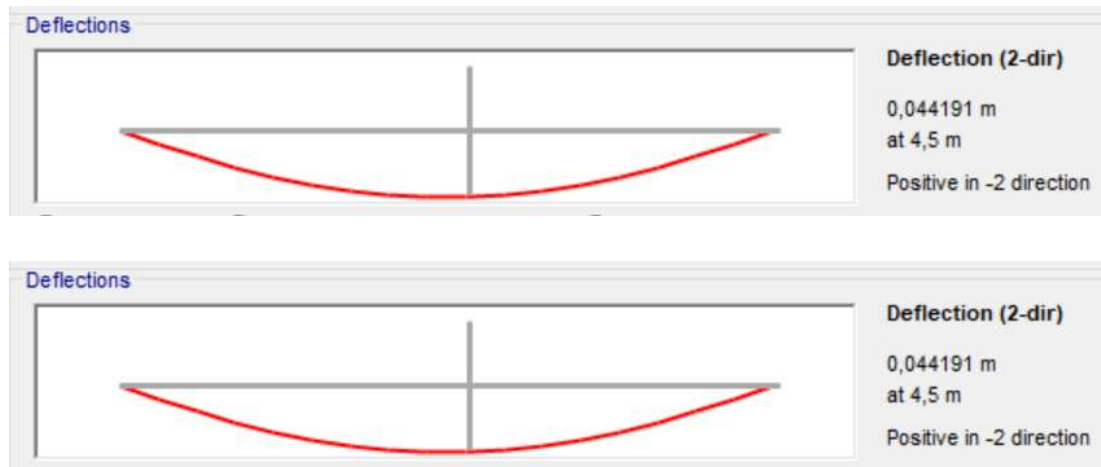
La máxima deflexión bajo cargas de servicio en las vigas es de 2.11 cm, cuya longitud es 12.5 m.

Figura 44. *Deflexiones actuantes del sistema de losa alveolar calculadas en el software SAP2000*



La deflexión máxima en las losas alveolares es de 4.42 cm, esta ocurre cuando la longitud es de 8.50 m. Como se mencionó anteriormente, en el modelo no se tomó en cuenta el efecto de la contraflecha provocada por el efecto del presfuerzo, calculando este valor a través de una hoja de cálculo resulta una contraflecha de 2.34 cm, es decir, la deflexión real en esta losa alveolar es de 2.08 cm.

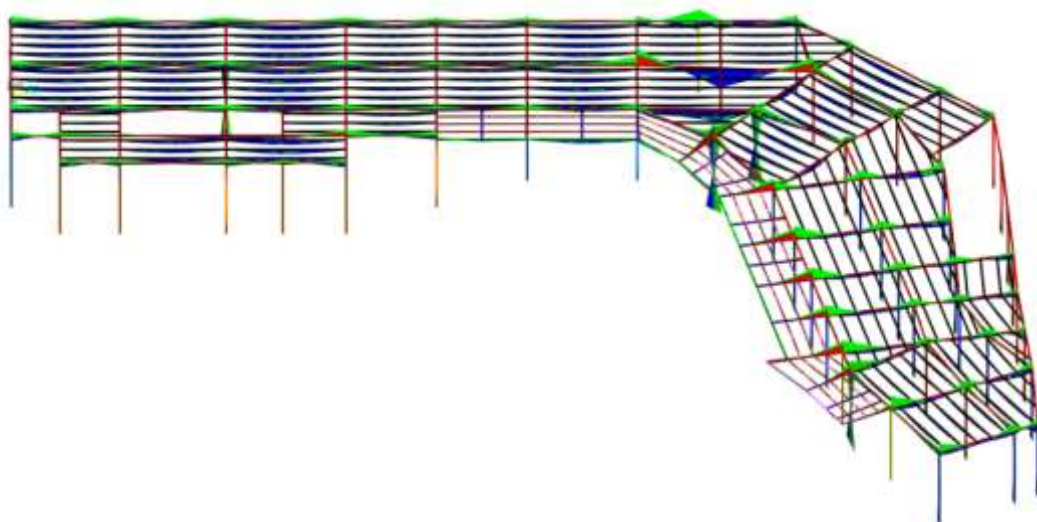
Figura 45. Deflexión en una losa alveolar con longitud de 8.50 m calculada en SAP2000



3.4.3.2 Momento actuante

El valor del máximo momento en el sistema de losa alveolar es de 52.51 ton-m y está ubicado en una viga prefabricada interior de sección T invertida.

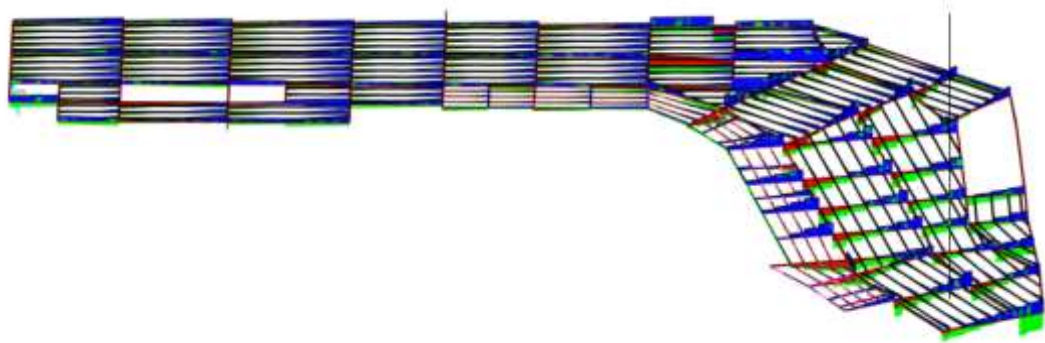
Figura 46. Gráfica de momentos actuantes en el sistema de losa alveolar en SAP2000



3.4.3.3 Cortante actuante

El máximo valor de cortante en el sistema de losa alveolar es de 32.14 ton y está ubicado en una viga prefabricada de borde de sección L.

Figura 47. *Gráfica de momentos actuantes en el sistema de losa alveolar en SAP2000*



3.5 Presupuesto de los sistemas de losa

3.5.1 Cálculo de cantidades de material utilizado

Para la elaboración del presupuesto se requiere determinar la cantidad de material empleado en el sistema de entepiso, para luego multiplicarlo por su precio unitario (en donde se consideran la mano de obra, materiales y los equipos utilizados para su instalación) y de esta manera obtener el costo total de cada rubro.

Se toman en cuenta las especificaciones técnicas y procesos constructivos de cada tipo de losa.

Estas cantidades fueron obtenidas dentro de un área de 1460 m² debido a que esta es el área cubierta por las losas alveolares, mientras que en los 270 m² restantes se usó losa Metaldeck. Por lo tanto, para realizar una comparación apropiada, en los otros dos sistemas de losa tampoco se tendrá en cuenta los 270 m² ya mencionados.

3.5.1.1 Sistema de entepiso con losa Metaldeck

Para las vigas convencionales de hormigón armado se calcula el volumen de estas contabilizando sus longitudes y multiplicandolos por el área de su sección transversal. Además, se calcula el peso total de acero de refuerzo que contienen estas vigas considerando el acero longitudinal y el transversal.

Se calcula el peso de los nervios metálicos contabilizando sus longitudes, luego multiplicándolo por el área de su sección transversal y el peso específico del acero

Para los paneles de Metaldeck y la losa sobre estos toma el valor del área de 1460 m², como se mencionó anteriormente.

Tabla 3. *Cantidades de material utilizado para el sistema de entepiso con losa Metaldeck.*

Descripción	Unidad	Cantidad
Vigas principales	m ³	151.58
Vigas secundarias	m ³	17.42
Nervios metálicos cajón 200x100x3mm	kg	11980.49
Losa sobre metaldeck	m ²	1460.00
Acero de refuerzo general	kg	23163.08

3.5.1.2 Sistema de entepiso con losa Bubbledeck

Para las vigas convencionales de hormigón armado se calcula el volumen de estas contabilizando sus longitudes y multiplicandolos por el área de su sección transversal. Además, se calcula el peso total de acero de refuerzo que contienen estas vigas considerando el acero longitudinal y el transversal.

En el caso de las vigas escondidas solo se calcula el peso del acero longitudinal y transversal.

Las esferas de polietileno son contabilizadas en el plano estructural y el volumen de estas se resta del volumen total de la losa de hormigón que posee el sistema Bubbledeck. Además, se calcula el peso de las mallas electrosoldadas superior e inferior.

Tabla 4. *Cantidades de material utilizado para el sistema de entepiso con losa Bubbledeck.*

Descripción	Unidad	Cantidad
Vigas	m ³	3.69
Losa	m ³	464.18
Esferas de polietileno	u	7997.00
Acero de refuerzo general	kg	38545.37

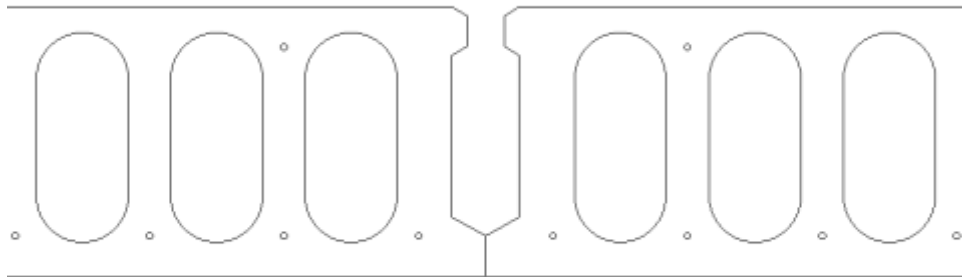
3.5.1.3 Sistema de entrepiso con losa alveolar

Para las vigas prefabricadas se calcula el volumen de total de hormigón contabilizando las longitudes de cada sección y multiplicando estos valores por el área de su sección transversal, resultando un volumen de 157.09 m³.

Se calcula el peso total del acero en todas las vigas prefabricadas, considerando tanto el acero longitudinal como los estribos y también se incluye dentro de este cálculo la cantidad de acero que se coloca in situ para refuerzo por flexión negativa, sumando todo se tiene un peso total de 23752.08 kg.

Dentro del cálculo del volumen de la capa de compresión también se considera el volumen necesario para rellenar las juntas entre las losas alveolares y la parte faltante de las vigas en donde se va a colocar el acero de refuerzo por flexión negativa, completando las formas de T invertida y L deseadas. Todo el hormigón usado para esta tarea tiene una resistencia de 280 kg/cm², calculando el volumen total se obtiene un valor de 120.50 m³.

Figura 48. Junta entre losas alveolares



Finalmente, el área que se va a cubrir usando las losas alveolares tiene un valor de 1460 m².

Todas las cantidades calculadas se resumen en la siguiente:

Tabla 5. *Cantidades de material utilizado para el sistema de entrepiso con losas alveolares*

Descripción	Unidad	Cantidad
Vigas prefabricadas	m ³	157.09
Losa alveolar 20 cm	m ²	1460.00
Capa de compresión 5 cm	m ³	120.52
Acero de refuerzo general	kg	23752.08

3.5.2 Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios se realiza tomando como referencia los precios unitarios y rendimientos encontrados en la revista de costos de la Cámara de la Construcción de Guayaquil (Cámara de la construcción de Guayaquil, 2022) y en el manual de costos de la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON, 2022), además, también se consideraron precios recomendados por el docente tutor y otros ingenieros con experiencia en el sector de la construcción.

Además, para el rendimiento del rubro de losa alveolar se toma como base la información investigada sobre la cantidad de m² que se pueden instalar en una jornada laboral de 8 horas, esto está en un rango de 400 a 600 m² con 4 personas encargadas del proceso de montaje, siendo una de ellas el operador de la grúa, en este caso se utiliza el valor más bajo, es decir, se considera que se instalan 400 m² en 8 horas.

3.5.2.1 Sistema de entepiso con losa Metaldeck

Tabla 6. Análisis de precios unitarios de vigas principales $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Vigas principales			UNIDAD: m ³	# 01	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 1.39
Vibrador	1.00	3.50	3.50	0.65	\$ 2.28
Sierra circular	1.00	2.60	2.60	0.65	\$ 1.69
Taladro eléctrico	1.00	1.88	1.88	0.65	\$ 1.22
SUBTOTAL M					\$ 6.58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6.00	3.83	22.98	0.65	\$ 14.94
Albañil	2.00	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
Maestro	1.00	4.29	4.29	0.65	\$ 2.79
Carpintero	2.00	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
SUBTOTAL N					\$ 27.79
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m ³	1.03	135.98	\$ 140.06	
Desmoldante ecológico	gal	0.03	4.21	\$ 0.14	
Alambre galvanizado No. 14	kg	0.04	2.38	\$ 0.10	
Clavos 2 1/2"	kg	0.35	4.41	\$ 1.54	
Puntal de madera de eucalipto	u	1.02	1.12	\$ 1.14	
Alfajía 6x6x250 cm	u	0.79	3.36	\$ 2.66	
Tablero triplex 1.22x2.44m 12mm	u	0.36	36.08	\$ 12.84	
SUBTOTAL O					\$ 158.48
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 192.85

Tabla 7. Análisis de precios unitarios de vigas secundarias f'c=280kg/cm².

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Vigas secundarias			UNIDAD: m ³		# 02
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 1.39
Vibrador	1.00	3.50	3.50	0.65	\$ 2.28
Sierra circular	1.00	2.60	2.60	0.65	\$ 1.69
Taladro eléctrico	1.00	1.88	1.88	0.65	\$ 1.22
SUBTOTAL M					\$ 6.58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6.00	3.83	22.98	0.65	\$ 14.94
Albañil	2.00	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
Maestro	1.00	4.29	4.29	0.65	\$ 2.79
Carpintero	2.00	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
SUBTOTAL N					\$ 27.79
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m ³	1.03	135.98	\$ 140.06	
Desmoldante ecológico	gal	0.03	4.21	\$ 0.14	
Alambre galvanizado No. 14	kg	0.04	2.38	\$ 0.10	
Clavos 2 1/2"	kg	0.35	4.41	\$ 1.54	
Puntal de madera de eucalipto	u	1.02	1.12	\$ 1.14	
Alfajía 6x6x250 cm	u	0.79	3.36	\$ 2.66	
Tablero triplex 1.22x2.44m 12mm	u	0.36	36.08	\$ 12.84	
SUBTOTAL O					\$ 158.48
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 192.85

Tabla 8. Análisis de precios unitarios de nervios metálicos A-36.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Nervios metálicos			UNIDAD: kg		# 03
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.02
Soldadora eléctrica 300A	1.00	1.88	1.88	0.027	\$ 0.051
Pulidora	1.00	2.50	2.50	0.027	\$ 0.068
Cortadora de hierro	1.00	0.63	0.63	0.027	\$ 0.017
Equipo oxicorte	0.25	1.54	0.39	0.027	\$ 0.010
Compresor de aire 250 CFM	0.10	15.00	1.50	0.027	\$ 0.041
SUBTOTAL M					\$ 0.21
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Maestro	0.50	4.29	2.15	0.027	\$ 0.06
Maestro soldador	2.00	4.29	8.58	0.027	\$ 0.23
Peon	2.00	3.83	7.66	0.027	\$ 0.21
SUBTOTAL N					\$ 0.50
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Thinner comercial	gal	0.01	16.52	\$ 0.17	
Anticorrosivo gris mate - galón	gal	0.01	16.45	\$ 0.16	
Electrodo #7018 1/8"	kg	0.05	7.39	\$ 0.37	
Perfil estructural A-36	kg	1.02	1.40	\$ 1.43	
SUBTOTAL O					\$ 2.13
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 2.83

Tabla 9. Análisis de precios unitarios de losa f'c=280kg/cm² sobre Metaldeck.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Losa sobre metaldeck			UNIDAD: m ²	# 04	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.68
Soldadora eléctrica 300 A	1.00	1.88	1.88	0.32	\$ 0.60
Vibrador	1.00	3.50	3.50	0.32	\$ 1.12
SUBTOTAL M					\$ 2.41
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6.00	3.83	22.98	0.32	\$ 7.35
Albañil	2.00	3.87	7.74	0.32	\$ 2.48
Operador de equipo liviano	1.00	3.87	3.87	0.32	\$ 1.24
Fierrero	1.00	3.87	3.87	0.32	\$ 1.24
Maestro	1.00	4.29	4.29	0.32	\$ 1.37
SUBTOTAL N					\$ 13.68
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Electrodo #6011 1/8"	kg	0.05	5.80	align="right">\$ 0.29	
Conector 14mm	u	4.00	1.37	align="right">\$ 5.48	
Malla electrosoldada 5.5 mm 10 x 10	u	0.07	87.30	align="right">\$ 6.02	
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m ³	0.06	135.98	align="right">\$ 7.48	
Metal deck - G90 galvanizado e=0.65mm	m ²	1.03	12.83	align="right">\$ 13.21	
SUBTOTAL O					\$ 32.49
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 48.57

Tabla 10. Análisis de precios unitarios de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Acero de refuerzo			UNIDAD: kg		# 05
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.02
Cortadora / Dobladora	1.00	2.13	2.13	0.06	\$ 0.12
SUBTOTAL M					\$ 0.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	1.00	3.83	3.83	0.06	\$ 0.21
Albañil	1.00	3.87	3.87	0.06	\$ 0.21
Maestro	0.10	4.29	0.43	0.06	\$ 0.02
SUBTOTAL N					\$ 0.45
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.040	2.36	\$ 0.09	
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$	kg	1.050	1.18	\$ 1.24	
Disco de corte metal 350x2.8x25.4mm	u	0.001	7.50	\$ 0.01	
SUBTOTAL O					\$ 1.34
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 1.93

3.5.2.2 Sistema de entepiso con losa Bubbledeck

Tabla 11. Análisis de precios unitarios de vigas $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Vigas			UNIDAD: m ³		# 01
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 1.39
Vibrador	1.00	3.50	3.50	0.65	\$ 2.28
Sierra circular	1.00	2.60	2.60	0.65	\$ 1.69
Taladro eléctrico	1.00	1.88	1.88	0.65	\$ 1.22
SUBTOTAL M					\$ 6.58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6.00	3.83	22.98	0.65	\$ 14.94
Albañil	2.00	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
Maestro	1.00	4.29	4.29	0.65	\$ 2.79
Carpintero	2.00	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
SUBTOTAL N					\$ 27.79
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m ³	1.03	135.98	\$ 140.06	
Desmoldante ecológico	gal	0.03	4.21	\$ 0.14	
Alambre galvanizado No. 14	kg	0.04	2.38	\$ 0.10	
Clavos 2 1/2"	kg	0.35	4.41	\$ 1.54	
Puntal de madera de eucalipto	u	1.02	1.12	\$ 1.14	
Alfajía 6x6x250 cm	u	0.79	3.36	\$ 2.66	
Tablero triplex 1.22x2.44m 12mm	u	0.36	36.08	\$ 12.84	
SUBTOTAL O					\$ 158.48
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 192.85

Tabla 12. Análisis de precios unitarios de losa $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Losa			UNIDAD: m ³		# 02
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.90
Vibrador	1.00	3.50	3.50	0.50	\$ 1.75
Sierra circular	1.00	2.60	2.60	0.50	\$ 1.30
Taladro eléctrico	1.00	1.88	1.88	0.50	\$ 0.94
SUBTOTAL M					\$ 4.89
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6.00	3.83	22.98	0.50	\$ 11.49
Albañil	2.00	3.87	7.74	0.50	\$ 3.87
Maestro	1.00	4.29	4.29	0.60	\$ 2.57
SUBTOTAL N					\$ 17.93
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m ³	1.03	135.98	\$ 140.06	
Desmoldante ecológico	gal	0.03	4.21	\$ 0.14	
Clavos 2 1/2"	kg	0.38	4.41	\$ 1.65	
Puntal de madera de eucalipto	u	1.02	1.12	\$ 1.14	
Alfajía 6x6x250 cm	u	1.12	3.36	\$ 3.76	
Tablero triplex 1.22x2.44m 12mm	u	0.46	36.08	\$ 16.60	
Tiras 2.5x2.5x250cm	u	0.34	0.50	\$ 0.17	
SUBTOTAL O					\$ 163.52
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 186.34

Tabla 13. Análisis de precios unitarios de esferas Bubbledeck.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Esferas bubbledeck			UNIDAD: u		# 03
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
SUBTOTAL M					\$ -
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	2.00	3.83	7.66	0.08	\$ 0.61
Maestro	0.05	4.29	0.2145	0.08	\$ 0.02
SUBTOTAL N					\$ 0.63
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Esferas de polietileno	m3	1.05	0.05	\$ 0.05	
SUBTOTAL O					\$ 0.05
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 0.68

Tabla 14. Análisis de precios unitarios de acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Acero de refuerzo			UNIDAD: kg		# 04
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.02
Cortadora / Dobladora	1.00	2.13	2.13	0.06	\$ 0.12
SUBTOTAL M					\$ 0.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	1.00	3.83	3.83	0.06	\$ 0.21
Albañil	1.00	3.87	3.87	0.06	\$ 0.21
Maestro	0.10	4.29	0.43	0.06	\$ 0.02
SUBTOTAL N					\$ 0.45
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.040	2.36	\$ 0.09	
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$	kg	1.050	1.18	\$ 1.24	
Disco de corte metal 350x2.8x25.4mm	u	0.001	7.50	\$ 0.01	
SUBTOTAL O					\$ 1.34
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 1.93

3.5.2.3 Sistema de entepiso con losa alveolar

Tabla 15. Análisis de precios unitarios de vigas prefabricadas $f'c= 350\text{kg/cm}^2$

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Vigas prefabricadas			UNIDAD: m ³	# 01	
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 1.00
Grúa 20 Ton	0.13	45.00	5.85	0.65	\$ 3.80
					\$ -
					\$ -
SUBTOTAL M					\$ 4.80
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6	3.83	22.98	0.65	\$ 14.94
Albañil	2	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
Maestro	1	4.29	4.29	0.65	\$ 2.79
					\$ -
					\$ -
SUBTOTAL N					\$ 19.97
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Vigas prefabricadas $f'c 350 \text{ kg/cm}^2$	m3	1	580	\$ 580.00	
(incluye transporte)				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
SUBTOTAL O					\$ 580.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 604.77

Tabla 16. Análisis de precios unitarios de Losa Alveolar

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Losa alveolar			UNIDAD: m ²		# 02
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.01
Grúa 20 Ton	1	45.00	45	0.02	\$ 0.90
			0		\$ -
			0		\$ -
SUBTOTAL M					\$ 0.91
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	3	3.83	11.49	0.02	\$ 0.23
			0		\$ -
			0		\$ -
			0		\$ -
SUBTOTAL N					\$ 0.23
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Losa alveolar prefabricada (incluye transporte y banda de neopreno)	m ²	1	56	\$ 56.00	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
SUBTOTAL O					\$ 56.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
					\$ -
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 57.14

Tabla 17. Análisis de precios unitarios de Acero de refuerzo $f_y=4200\text{kg/cm}^2$

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Acero de refuerzo			UNIDAD: kg		# 03
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 0.02
Cortadora / Dobladora	1.00	2.13	2.13	0.06	\$ 0.12
SUBTOTAL M					\$ 0.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	1.00	3.83	3.83	0.06	\$ 0.21
Albañil	1.00	3.87	3.87	0.06	\$ 0.21
Maestro	0.10	4.29	0.43	0.06	\$ 0.02
SUBTOTAL N					\$ 0.45
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Alambre galvanizado No. 18	kg	0.040	2.36	\$ 0.09	
Acero de refuerzo $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$	kg	1.050	1.18	\$ 1.24	
Disco de corte metal 350x2.8x25.4mm	u	0.001	7.50	\$ 0.01	
SUBTOTAL O					\$ 1.34
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		\$ 1.93

Tabla 18. Análisis de precios unitarios de hormigón para capa de compresión $f'c=280\text{kg/cm}^2$

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DE LA OBRA: Centro Comercial Buijo City Center					
RUBRO: Capa de compresión				UNIDAD: m ³	# 04
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Herramienta menor (5% M.O.)					\$ 1.14
Vibrador	1	3.50	3.50	0.65	\$ 2.28
SUBTOTAL M					\$ 3.41
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R = H/U	D = C x R
Peón	6	3.83	22.98	0.65	\$ 14.94
Albañil	2	3.87	7.74	0.65	\$ 5.03
Maestro	1	4.29	4.29	0.65	\$ 2.79
SUBTOTAL N					\$ 22.76
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado de 280 kg/cm ²	m ³	1.03	135.98	\$ 140.06	
Malla electrosoldada 5.5 mm 10 x 10	u	0.83	87.30	\$ 72.46	
SUBTOTAL O					\$ 212.52
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL P					\$ -
Estos precios no incluyen el IVA		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			\$ 238.69

3.5.3 Presupuestos

Una vez obtenidos los análisis de precios unitarios de los elementos del entrepiso de los tres sistemas de losa, se procede a multiplicarlos por la cantidad de material utilizado en cada sistema y al sumar los resultados de todos los rubros se obtiene el precio total del sistema de entrepiso para cada caso.

3.5.3.1 Presupuesto del sistema de losa Metaldeck

Tabla 19. *Presupuesto del sistema de entrepiso con losa Metaldeck*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Vigas principales	m ³	151.58	\$ 192.85	\$ 29,232.46
Vigas secundarias	m ³	17.42	\$ 192.85	\$ 3,359.44
Nervios metálicos cajón 200x100x3mm	kg	11980.49	\$ 2.83	\$ 33,959.66
Losa sobre metaldeck	m ²	1460.00	\$ 48.57	\$ 70,916.73
Acero de refuerzo general	kg	23163.08	\$ 1.93	\$ 44,646.84
Total				\$ 182,115.13

3.5.3.2 Presupuesto del sistema de losa con Losa Bubbledeck

Tabla 20. *Presupuesto del sistema de entrepiso con losa BubbleDeck*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Vigas	m ³	3.69	\$ 192.85	\$ 710.79
Losa	m ³	464.18	\$ 186.34	\$ 86,492.57
Esferas de polietileno	u	7997.00	\$ 0.68	\$ 5,457.63
Acero de refuerzo general	kg	38545.37	\$ 1.93	\$ 74,296.18
Total				\$ 166,957.18

3.5.3.3 Presupuesto del sistema de Losas Alveolares

Tabla 21. *Presupuesto del sistema de entrepiso con losa alveolar.*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Vigas prefabricadas	m ³	157.09	\$ 604.77	\$ 95,003.45
Losa alveolar 20 cm	m ²	1460.00	\$ 57.14	\$ 83,426.28
Capa de compresión 5 cm	m ³	120.52	\$ 238.69	\$ 28,765.97
Acero de refuerzo general	kg	23752.08	\$ 1.93	\$ 45,782.14
Total				\$ 252,977.84

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Resultados del análisis

Se realiza una recopilación de los resultados obtenidos de los presupuestos y los análisis estructurales efectuados.

4.1.1 Comparación del comportamiento estructural

Se analizan los parámetros de deflexiones, cuantía promedio de las vigas, momentos y cortantes actuantes. Los valores máximos de cada sistema de losa se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. *Comparación del comportamiento estructural de los tres tipos de losa.*

Tipo de análisis	Unidad	Losa metaldeck	Losa bubbledeck	Losas alveolares
Deflexiones	cm	1.62	1.22	2.11
Porcentaje de cuantía promedio	%	5.28	5.13	6.29
Momento	ton-m	43.15	26.16	52.51
Cortante	ton	28.41	39.86	32.14

4.1.2 Comparación de costos directos por m²

Se comparan costos directos por m² de vigas, losa y de todo el sistema de entresuelo. Con el fin de tener una comparativa justa, el área que se considera es de 1460 m², correspondiente al área en la que se colocan las losas alveolares.

4.1.2.1 Costos directos de vigas y losas por m²

En el costo de vigas se considera el hormigón, acero de refuerzo a flexión y cortante utilizado y en el de costo de losas se considera todo lo que conforma la losa de cada sistema, por ejemplo, en el caso del Metaldeck son los nervios, el steel panel y la losa de hormigón fundida sobre estos.

Tabla 23. Comparación de costos totales y costos por m² de la losa y vigas de cada sistema de losa

Comparativa económica			
Tipo de losa	Descripción	Precio total	Precio por m ²
Metaldeck	Vigas	\$ 77,238.74	\$ 52.90
	Losa	\$ 104,876.39	\$ 71.83
Bubbledeck	Vigas	\$ 24,320.10	\$ 16.66
	Losa	\$ 142,637.08	\$ 97.70
Losas alveolares	Vigas	\$ 140,785.58	\$ 96.43
	Losa	\$ 112,192.25	\$ 76.84

4.1.2.2 Costos directos de los sistemas de losa por m²

El sistema de losa con el menor costo es el de Bubbledeck, le sigue el Metaldeck con una pequeña diferencia, mientras que el sistema de losas alveolares es el más costoso.

Tabla 24. Comparativa de costos totales y costos por m² de los tres sistemas de losa

Comparativa económica		
Tipo de sistema de losa	Precio total	Precio por m ²
Metaldeck	\$ 182,115.13	\$ 124.74
Bubbledeck	\$ 166,957.18	\$ 114.35
Losas alveolares	\$ 252,977.84	\$ 173.27

CONCLUSIONES

Los sistemas con Losa Alveolar y con Bubbledeck son sistemas que pudieran ser viables técnica y económicamente para la losa de entrepiso del centro comercial originalmente diseñado con un sistema de entrepiso sostenido con nervios metálicos y Metaldeck.

Tanto para el caso de uso de Bubbledeck, como con losas alveolares, se ha modificado el sistema de vigas principales, cada uno en un diferente estilo de modo que beneficiara a las condiciones de cada sistema.

El sistema de losa Bubbledeck implicó los siguientes cambios:

1. Eliminación de vigas secundarias cargadoras interiores
2. Un aumento de 10 cm del peralte de losa
3. Modificación de sección y armado de vigas principales con el fin de lograr una fundición monolítica sobre un tablero de un mismo nivel de fondo
4. Inclusión del sistema Bubbledeck.

El sistema de losas alveolares implicó los siguientes cambios:

1. Modificación de metodología por trabajos con elementos prefabricados.
2. Modificación de sección de vigas para que estas puedan recibir a las losas.
3. Eliminación de vigas cargadoras secundarias.
4. Implementación de losas alveolares.

Los resultados analíticos mostraron lo siguiente:

- Los máximos valores de deflexiones para los sistemas de losa Metaldeck, Bubbledeck y Losas Alveolares son de 1.62 cm, 1.22 cm y 2.11 cm, respectivamente. Todas estas deflexiones se dan en la misma ubicación, donde existe un claro entre columnas de 12.54 cm, por lo que la deflexión permisible es de 3.48 cm.
- Los porcentajes de cuantía promedio para las vigas de los sistemas de losa Metaldeck, Bubbledeck y Losas alveolares son de 5.28%, 5.13% y 6.29%, respectivamente.

El análisis de cada sistema de losa reflejó las siguientes limitaciones:

- Al tener una arquitectura irregular y un diseño con volados muy amplios el sistema con losa alveolar fue el que se vio más limitado para su implementación. Se denota, que este sistema prefabricado, al igual que la mayoría de prefabricados en hormigón, se favorecen solo cuando existe ortogonalidad en los diseños.
- Bubbledeck es un sistema que tiene derechos de patente, por lo que la implementación debe de hacerse por una compañía autorizada con una licencia.

Se evaluaron los costos de las vigas y losas por metro cuadrado de los tres sistemas de losa

- El costo de las vigas por metro cuadrado es de \$76.16, \$16.66 y \$96.43; y de las losas es de \$48.57, \$97.70 y \$76.84 para los sistemas de losa Metaldeck, Bubbledeck y losas alveolares, respectivamente. Nota: El costo del hormigón de las vigas del sistema de losa Bubbledeck fue contemplado en el apartado de la losa ya que estos se funden simultáneamente.

El costo total por metro cuadrado para los sistemas de losas Metaldeck, Bubbledeck y Losas alveolares es de \$124.74, \$114.35 y \$173.27, respectivamente.

Para las condiciones evaluadas el sistema de losa Bubbledeck resulta ser el más económico. Se estima que el promotor pudiera haber disminuido su gasto en un 9.1% con respecto a la losa Metaldeck.

El sistema de losa Bubbledeck presenta el menor valor de deflexiones siendo este 0.4 cm menor al del Metaldeck. En cambio, las vigas del sistema de losas alveolares tienen un valor alto de deflexiones debido a que en este sistema existen grandes luces entre columnas y las vigas soportan mayor carga en una dirección.

El acero de presfuerzo ayuda a mitigar las deflexiones en las placas de losas alveolares, permitiendo utilizar secciones más esbeltas para cubrir grandes luces.

En general los sistemas con luces mayores a 8x8 m se ven favorecidos al usar losas que trabajan en dos direcciones, por lo cual en estos casos es recomendable usar el tipo de losa Bubbledeck.

La losa Bubbledeck trabaja en dos direcciones optimizando la sección de nervio tipo "I".

RECOMENDACIONES

Si se desea construir un sistema de entrepiso con losas alveolares es importante considerar en el diseño la posibilidad de tener áreas regulares, con el fin de minimizar los cortes de las placas y poder tener una longitud de losas común para facilitar el proceso de montaje.

Para futuras investigaciones se puede continuar este trabajo realizando un análisis de tiempos de construcción. Además, un análisis sobre la forma de implementar el sistema de losa Bubbledeck mediante la fabricación de una esfera de polietileno en el Ecuador. Esto se puede lograr obteniendo el derecho de patente, como referencia la empresa Danstek en México posee una patente de este sistema de losa.

BIBLIOGRAFÍA

- Acesco. (2021). *Manual de instalación de Metaldeck*. 11–26.
- ACI 318. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19) Comentario de Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318R-19)*.
- AIDEPLA. (2012). *Catálogo de detalles constructivos de alveoplasas utilizadas en forjados*. 1, 88–100.
- American Concrete Institute. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19)*.
- ANIVIP. (2022). *Placa Alveolar Características y aplicaciones* (p. 30).
- BubbleDeck. (2017). Sistema constructivo de losas planas para grandes luces. *Folleto Técnico, 0(0)*, 1–5.
- BubbleDeck. (2023a). *Obras: Torres de Altea*.
- BubbleDeck. (2023b). *Ventajas para los ingenieros*.
- Bubbledeck México; Danstek. (2016a). *Detalles generales de uso* (p. 15).
- Bubbledeck México; Danstek. (2016b). *Manual de Diseño y Cálculo Estructural - Losa BDM* (p. 31). Bubbledeck México.
- Cámara de la construcción de Guayaquil. (2022). *Construcción y desarrollo*. 64.
- CAMICON. (2022). *Manual de costos en la construcción*.
- Concrete Manufacturers Association [CMA]. (2008). *HOLLOW-CORE SLAB SYSTEMS Information Manual - First Edition 2008*.
- Concrete Technology L.L.C. (2022). *Precast Prestressed Concrete Floor & Roof System*.
- Emami, F., & Kabir, M. Z. (2019). Performance of composite metal deck slabs under impact loading. *Structures*, 19(February), 476–489. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.02.015>

- Equiformas Prefabricados. (2022). *Losas Alveolares pretensadas*. 17.
- Industria Prefabricada de Hormigón[ANDECE]. (2019). *Forjados prefabricados de hormigón*. 101.
- Kyng consulting pty ltd. (2008). *BubbleDeck Design Guide for compliance with BCA using AS3600 and EC2*. 18.
- Manzanares, M. I. D. (2016). *Sistemas con placas alveolares: industrialización de la construcción* 28.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015a). NEC-SE-CS-Cargas (No Sísmicas). En *Ministerio de desarrollo Urbano y vivienda*.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015b). NEC-SE-DS Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente. En *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- NPCAA. (2003). *Hollow Core Flooring - Technical Manual*. 35.
- Oman Ophiolite. (2022). *Hollow core slabs*. 32.
- PCI Committee on Connection Details. (1988). *Design and Typical Details of Connections for Precast and Prestressed Concrete*. 246.
- Precast/Prestressed Concrete Institute [PCI]. (2015). *PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs and Walls Third Edition*.
- Quraisyah, A. A. D. S., Kartini, K., Hamidah, M. S., & Daiana, K. (2020). Bubble Deck Slab as an Innovative Biaxial Hollow Slab-A Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1711(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1711/1/012003>
- Revista Obras Urbanas. (2018). *Montaje de forjados prefabricados*. 28–32.
- SEPSA. (2022). *Losa alveolar ultra-span*.
- Varshney, H. (2017). A Review Study on Bubble Deck Slab. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, V(X), 2136–2139. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.10314>

ANEXOS

Tabla 25. *Análisis a cortante de la losa Bubbledeck.*

Características de la losa	
Espesor (cm)	40
rec (cm)	2
d (cm)	37
f'c (kg/cm²)	280

Cortante en una direccion	
Long. entre col (m)	12.53
Alt. Colum. (m)	6
Vu (ton)	5.42
ØVc (ton)	24.61

Cortante en dos direcciones	
Claro col eje X (m)	12.53
Claro col eje Y (m)	6.75
Base colum. (cm)	45
Alt. colum. (cm)	45
bo (cm)	328
Vu (ton)	157.07
ØVc (ton)	167.54

Tabla 26. *Análisis a flexión y acero mínimo de la losa*

Análisis a flexión	
Mu (ton-m)	10.15
D (m)	0.315
f'c (kg/cm²)	280
h	0.4
μms	0.03496992
μms < 0.2 OK	

Acero mínimo	
bw (cm)	100
d (cm)	37
fy (kg/cm²)	4200
f'c (kg/cm²)	280
As min (cm²)	10.32
ps	0.003
w	0.042
Mn (ton-m)	15.64
ØMn (ton-m)	11.73

Tabla 27. Diseño a cortante en vigas prefabricadas

VIGA T INVERTIDA

Datos		
bw	30	cm
h	70	cm
rec	3	cm
d	67	cm
f'c	280	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²

Demanda		
Vu	30.00	ton
Vu	30000.00	kg
Cálculo de ϕV_n		
ϕV_c	13369.41	kg
Vsreq	22174.12	kg
Smáx	33.50	cm
S usada	18.00	cm
Av req	1.42	cm ²
Av min	0.45	cm ²
Av	1.42	cm ²
Propuesta de estribos		
ϕ	ϕ	
8	10	mm
0.50	0.79	cm ²
2	2	unidades
1.01	1.57	cm ²
NO CUMPLE	OK	
Usar 2 ϕ 10 c/18 cm		

Diseñar estribo

Usar Av req

VIGA L

Datos		
bw	28	cm
h	70	cm
rec	3	cm
d	67	cm
f'c	280	kg/cm ²
fy	4200	kg/cm ²

Demanda		
Vu	32.14	ton
Vu	32140.00	kg
Cálculo de ϕV_n		
ϕV_c	12478.11	kg
Vsreq	26215.85	kg
Smáx	33.50	cm
S usada	15.00	cm
Av req	1.40	cm ²
Av min	0.35	cm ²
Av	1.40	cm ²
Propuesta de estribos		
ϕ	ϕ	
8	10	mm
0.50	0.79	cm ²
2	2	unidades
1.01	1.57	cm ²
NO CUMPLE	OK	
Usar 2 ϕ 10 c/15 cm		

Diseñar estribo

Usar Av req

Tabla 28. Cálculo de la resistencia a flexión y cortante de las losas alveolares

Datos					
dp =	17	cm	h =	20	cm
b =	120	cm	fpu =	18900	kg/cm ²
Ap =	11.84	cm ²	fy =	0.9fu	kg/cm ²
f'c	450	kg/cm ²	ρ_p =	0.005806	
Beta1 =	0.73		Yp =	0.28	Baja Rel.

Cálculo de ϕM_n

$f_{ps} = 17128.81 \text{ kg/cm}^2$
 $a = 4.42 \text{ cm}$
 $\phi M_n = 27.00 \text{ ton-m}$

Datos					
fpe =	12285	kg/cm ²	0.8h =	16	cm
ltr	635	mm	x análisis	635	100% fpe
%fpe =	12285	kg/cm ²	Pe =	145503.54	kg
Ac =	1277.20	cm ²	fpc =	114	kg/cm ²
I =	60396	cm ⁴	yt =	9.67	cm
eb =	6.67	cm	Sb =	6246	cm ³
Vu =	7500	kg	Mu =	1575000	kg/cm ²
fpe(Mcre)	339.20	kg/cm ²	Mcre =	2330540.74	kg-cm

d >= 0.8h

OK

Cálculo de ϕV_n

Cortante por agrietamiento del alma (Vcw)

$V_{cw} = 109.97 \text{ ton}$

Agrietamiento por flexión (Vci)

$V_{ci} = 18.02 \text{ ton}$ **Controla**

$V_n = 18.02 \text{ ton}$

$\phi V_n = 13.52 \text{ ton}$

Tabla 29. Cálculo de la contraflecha de las losas alveolares

Se utiliza la fórmula indicada por el manual PCI (2015), tomando en consideración que los aceros de presfuerzo en la parte superior provocan una deflexión que reduce el valor de la contraflecha.

Hollow core slabs are produced with straight strand patterns rather than using draped or depressed strands. Using (+) to indicate upward movement and (-) to indicate downward movement, net camber can be calculated as:

$$\text{camber} = \frac{Pe\ell^2}{8EI} - \frac{5w\ell^4}{384EI}$$

Fuente: PCI (2015)

Datos					
W =	306	kg/m	fpu =	18900	kg/cm2
W =	3.06	kg/cm	Aps =	11.84	cm2
f'c =	450		Aps' =	3.95	cm2
Ec =	320319.37	kg/cm2	fpi =	13230	kg/cm2
f'ci =	337.5	kg/cm2	eb =	6.68	cm
Eci =	277404.7134	kg/cm2	P =	156696.12	kg
lx =	60396	cm4	et =	7.32	cm
ly =	1568621	cm4	P' =	52232.04	kg

Longitud (cm)	Contraflecha (cm)	L/360	
850	2.34	2.36	OK
750	2.03	2.08	OK
700	1.86	1.94	OK
650	1.67	1.81	OK
600	1.47	1.67	OK
500	1.09	1.39	OK

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Maita Abad, Erick David** con C.C: # y **Oñate Chang, Williams Emanuel** con C.C: # 1207097971 autores del trabajo de titulación: **Comparativo Entre Sistema De Losa De Entrepiso Con Metaldeck Vs Bubbledeck Y Metaldeck Vs Losas Alveolares Para Un Centro Comercial En Samborondón**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 23 de febrero de 2023

f. 

Maita Abad, Erick David
C. C: 1105810756

f. 

Oñate Chang, Williams Emanuel
C. C: 1207097971

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Comparativo entre sistema de losa de entrepiso con Metaldeck vs BubbleDeck y Metaldeck vs losas alveolares para un centro comercial en Samborondón.		
AUTOR(ES)	Maita Abad, Erick David Oñate Chang, Williams Emanuel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Enciso Tostado, Mauricio Conrado M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 de febrero del 2023	No. DE PÁGINAS:	73
ÁREAS TEMÁTICAS:	Presupuesto, Análisis Estructural, Costos.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Comparación, Esferas de Polietileno, Prefabricado y Pretensado, Presupuesto, Aspectos Constructivos, Comportamiento Estructural, Costos.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo se realiza una comparación entre el sistema de entrepiso con losa Metaldeck y otros dos sistemas de losas de hormigón conocidos como Bubbledeck y losas alveolares, el primero se trata de una losa de hormigón aligerado con esferas de polietileno y el segundo de losas de hormigón prefabricado y pretensado aligerado mediante alveolos longitudinales. Tomando como caso de estudio el centro comercial "Buijo City Center", para el que se ha utilizado Metaldeck, se realiza un nuevo diseño con Bubbledeck y losas alveolares con el fin de determinar cuál de estos sistemas tiene un mejor desempeño al comparar parámetros estructurales y económicos. Por lo que se modifican los planos estructurales y se crean modelos en el programa de elementos finitos SAP2000 para definir las nuevas secciones de vigas, la cantidad de acero de refuerzo y poder analizar los valores de deflexiones, momentos y cortantes. Con los diseños definidos, se calcula la cantidad de material empleado y se realizan análisis de precios unitarios para determinar el presupuesto final de cada sistema de losa. Se elaboran cuadros comparativos del comportamiento estructural y los costos, para analizar cuál de estos sistemas es el más conveniente para la construcción del centro comercial y además se describe en qué casos puede resultar beneficiosa la implementación de cada tipo de losa.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593967136772 +593991014729	E-mail: edmav24@gmail.com williamema@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			