

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS,  
GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

OPTIMIZACIÓN DE CONCRETO EN LOSAS  
ALIGERADAS EN CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS,  
CON LA INCORPORACIÓN DE VACÍOS ESFÉRICOS Y  
APLICACIÓN DEL SISTEMA BUBBLE DECK

PRESENTADO POR:

WILLIAM PABLO, QUINO QUISPE

ASESOR:

Msc. ING. CRISTIAN CASTRO PÉREZ

AYACUCHO - PERÚ

2019



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

*Real, Pontificia y Nacional  
1677*

# RESUMEN

---

El objetivo principal de la presente investigación es diseñar y dar a conocer un nuevo sistema constructivo de losas aligerada con incorporación de vacíos esféricos en su interior conocido con el nombre de Bubble Deck; un diseño innovador de ingeniería en el que veremos su nivel de aplicabilidad en diseño de viviendas de acuerdo al estudio de sus características estructurales. Se busca medir su nivel de aplicabilidad en función a la reducción de concreto frente al diseño tradicional de losa aligerada en una dirección con ladrillo de arcilla. Se realiza la idealización de un modelo estructural en Sap2000 donde se ve su comportamiento como una losa maciza en dos direcciones y las consideraciones para su diseño.

Como resultado principal se obtiene el modelado en un software de estructuras considerando sus características y la aplicabilidad de esta losa frente a la losa aligerada unidireccional con ladrillo de arcilla en función a la reducción de cantidad de concreto.

**PALABRAS CLAVES:** Modelo Bubble Deck, Vacíos Esféricos en Losas, Aplicabilidad Bubble Deck.

## Abstract

The main objective of this research work is to design and publicize a new system of lightweight slab construction with the incorporation of spherical voids in its interior known as Bubble Deck; an innovative engineering design in which we will see its level of applicability in housing design according to the study of its structural characteristics. It seeks to measure its level of applicability in terms of the reduction of concrete against the traditional design of slab lightened in one direction with clay brick. The idealization of a structural model is realized in Sap2000 where its behavior is seen as a solid slab in two directions and considerations for its design.

The main result is the modeling in a software of structures considering its characteristics and the applicability of this slab in front of the uni-directional lightened slab with clay brick in function of the reduction of quantity of concrete.

**KEY WORDS:** Bubble Deck model, Spherical Slab Vacuums, Bubble Deck applicability.

# INTRODUCCIÓN

---

En la presente investigación se busca la optimización de concreto en la construcción de losas aligeradas en viviendas. Para lo cual se presenta las principales características de la losa Bubble Deck, una losa aligerada con incorporación de vacíos esférico es su interior; para ver su aplicabilidad comparado a una losa aligerada unidireccional con ladrillo de arcilla.

Las losas Bubble Deck pueden cubrir luces considerables mayores a las losas aligeradas unidireccionales, evitando el uso de vigas interiores peraltadas que normalmente se presentan en el diseño de losas unidireccionales cuando se cubren paños mayores a 6m de luz entre vigas.

En la presente investigación se diseña la losa Bubble Deck en una losa de entrepiso a cubrir de  $6 \times 6m$ , con cargas estáticas según la norma E-020. Se hace el pre dimensionamiento de los elementos estructuras que la componen y luego se determina la cantidad de concreto en la losa y las vigas de sostenimiento. Con los cálculos realizados se determina la cantidad de concreto que requiere para ambos sistemas de losa aligerada, para determinar su aplicabilidad.

Esta investigación fue realizada con el propósito de aportar conocimientos sobre un sistema innovador y prometedor, como lo es el sistema de losas Bubble Deck, para así salir un poco de lo tradicional en lo que respecta a los sistemas estructurales conocidos dentro del país y abrirse a ideas nuevas y frescas.

El desarrollo de la estructura de la presente investigación está organizado de la siguiente manera:

**Capítulo 1 - Planteamiento del problema** Contiene los antecedentes bibliográficos, descripción de la realidad problemática, formulación del problema, justificación e importancia de la investigación, objetivos, hipótesis, variables e indicadores, tipo y nivel de investigación, periodo de análisis, fuentes de información e instrumentos utilizados, técnicas de recolección.

**Capítulo 2 - Marco Teórico** Se muestra el conocimiento en cuanto a análisis y características de las losas aligeradas como parte fundamental de la infraestructura de una edificación se recolecta también información acerca del diseño con vacíos esféricos en losas bajo el Sistema Bubble Deck.

**Capítulo 3 - Método de la investigación** Se realiza el modelo de idealización de la losa Bubble deck; luego se diseña la losa de entrepiso para ambos sistemas de losa aligerada,

realizando el pre dimensionamiento para obtener la cantidad de concreto en ambos sistemas.

**Capítulo 4 - Resultados** Se muestra los resultados en cuanto al modelo realizado en Sap2000 y cantidad de concreto usado en la aplicación de la losa Bubble Deck y Losa aligerada unidireccional en el diseño de entrepiso de una vivienda.

**Conclusiones** Se presenta las conclusiones a la que se llego en el presente trabajo sobre la optimización respecto a la comparación de estos dos sistemas constructivos. También las recomendaciones bajo la investigación y conocimiento adquirido.

**Referencias Bibliográficas** Se presenta información de los materiales consultados, citados durante el desarrollo de la tesis.

**Anexos** Contiene los resultados gráficos, cálculos de acero documentados y los planos.

*A Dios, gracias por todo.*

*A mi abuelita Felicitas.*

*A mis Padres Pablo y Liliana, quienes me apoyaron de manera incondicional; tenerlos es un privilegio.*

*A mis hermanos José, Joel, Henry y Gian. Los quiero por siempre.*

*A mi tierra Cangallo.*

# AGRADECIMIENTOS

---

- ☞ Primero y ante todo, agradeceré a Dios Todopoderoso que me dio la fuerza interior, el recurso y la capacidad para completar el trabajo con éxito, sin el cual todos mis esfuerzos habrían sido en vano.
- ☞ A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Mi alma máter, forjadora de hombres de ciencia y prestigio.
- ☞ Al Msc.Ing. Cristian Castro Pérez, asesor en la presente investigación. Por su tiempo a la hora de consultas.
- ☞ También expreso mi más sincero agradecimiento a los miembros de sustentación, al Ing. Ángel H. Vílchez Peña y el Ing Saúl W. Retamozo Fernández (Docentes de la escuela de Ingeniería Civil), por sus útiles comentarios y su asistencia oportuna.
- ☞ A mi hermano Joel, por su apoyo en la presente investigación.
- ☞ A mi amigo Gregorio, Goyo, por orientarme y compartirme esta bella plantilla en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.
- ☞ A mis amigos y amigas de la Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Civil de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga que me ayudaron a cumplir esta meta.
- ☞ Sin más que decir, gracias.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
AYACUCHO, MARZO DE 2019

*William Pablo, Quino Quispe*  
*Williamquino@hotmail.com*  
*jocahewill.wordpress.com*

# ÍNDICE GENERAL

---

	<i>Página</i>
<b>Portada</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Introducción</b>	<b>II</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>IV</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>V</b>
<b>Índice General</b>	<b>VI</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>X</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>XII</b>
<b>Lista de siglas y símbolos</b>	<b>XIII</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción del problema. . . . .	1
1.1.1. Bibliográficos a nivel Internacional . . . . .	2
1.1.2. Sistema BubbleDeck . . . . .	3
1.2. Delimitación del problema . . . . .	4
1.2.1. Espacial (Geográfica) . . . . .	4
1.2.2. Temática y unidad de análisis . . . . .	4
1.3. Formulación del problema. . . . .	4
1.3.1. Problema principal. . . . .	5
1.3.2. Problemas secundarios. . . . .	5
1.4. Justificación del problema. . . . .	5
1.5. Limitaciones de la Investigación . . . . .	6
1.6. Objetivos de la investigación. . . . .	6
1.6.1. Objetivos Generales. . . . .	6
1.6.2. Objetivos Específicos. . . . .	6

<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>7</b>
2.1. Optimización en el concreto . . . . .	7
2.1.1. Optimización . . . . .	7
2.1.2. Optimización en la ingeniería civil . . . . .	8
2.2. Definición de Losas . . . . .	9
2.2.1. Tipos de losas de concreto . . . . .	9
2.2.1.1. El concreto Simple en losas Aligeradas . . . . .	11
2.3. Sistema Constructivo Tradicional . . . . .	12
2.4. Losa con vacíos Esféricos sistema Bubble Deck . . . . .	13
2.4.1. Características Principales . . . . .	13
2.4.2. Comportamiento Estructural de una losa con vacíos Esfericos . . . . .	14
2.4.3. Esfera . . . . .	22
2.4.4. Uso de paneles prefabricados . . . . .	22
2.4.5. Panel BD230 . . . . .	23
2.4.6. Pre dimensionamiento . . . . .	24
2.5. Losa aligerada Unidireccional con ladrillo de Arcilla . . . . .	25
2.5.1. Diseño de una losa Aligerada Unidireccional . . . . .	25
2.5.1.1. Pre dimensionamiento . . . . .	26
2.5.1.2. Control de Deflexiones . . . . .	26
2.5.1.3. Deflexiones máximas admisible calculada . . . . .	27
2.5.2. Cargas de Diseño según RNE Norma E-020 . . . . .	27
2.5.2.1. Cargas muertas . . . . .	27
2.5.2.2. Cargas vivas . . . . .	28
2.5.2.3. Tabiquería móvil . . . . .	28
2.5.3. Requisitos de Resistencia y Servicio . . . . .	28
2.5.4. Resistencia de concreto a flexión . . . . .	29
2.5.4.1. Análisis de una sección rectangular con comportamiento dúctil . . . . .	29
2.5.4.2. Determinación de la cuantía balanceada o cuantía básica . . . . .	30
2.5.4.3. Cuantía mínima de refuerzo . . . . .	30
2.5.5. Corte del refuerzo y desarrollo del refuerzo longitudinal . . . . .	31
2.5.6. Diseño de elementos prismáticos . . . . .	31
2.5.6.1. Resistencia del concreto a la fuerza cortante ( $V_c$ ) . . . . .	32
2.5.6.2. Requerimientos mínimos de refuerzo . . . . .	32
<b>3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>34</b>
3.1. Enfoque . . . . .	34

3.2. Alcance . . . . .	34
3.3. Diseño de la investigación . . . . .	35
3.4. Población y muestra . . . . .	35
3.4.1. Población . . . . .	35
3.4.2. Muestra . . . . .	35
3.5. Hipótesis . . . . .	35
3.5.1. Hipótesis Generales. . . . .	35
3.5.2. Hipótesis Específicas. . . . .	35
3.6. Operacionalización de variables. . . . .	36
3.7. Técnicas e instrumentos . . . . .	36
3.8. Diseño de una losa con vacíos esféricos . . . . .	37
3.8.1. Idealización de una losa Bubble Deck . . . . .	37
3.8.2. Modelo en software de estructuras . . . . .	38
3.8.3. Comportamiento de la losa BubbleDeck . . . . .	42
3.8.4. Diseño de acero en la losa . . . . .	44
3.9. Aplicación en losa de entepiso de una vivienda . . . . .	46
3.9.1. Características de la Estructura . . . . .	47
3.9.2. Alternativas con losa Aligerada Unidireccional . . . . .	48
3.9.3. Pre dimensionamiento de losa aligerada uni direccional . . . . .	48
3.9.3.1. Control de deflexiones . . . . .	49
3.9.3.2. Pre dimensionamiento de Vigas . . . . .	49
3.9.3.3. Control de deflexiones . . . . .	50
3.9.3.4. Pre dimensionamiento de Columnas . . . . .	50
3.9.3.5. Metrado de concreto en la Losa Aligerada . . . . .	52
3.9.4. Pre dimensionamiento de Losa con Vacíos Esféricos . . . . .	52
3.9.4.1. Pre dimensionamiento losa . . . . .	53
3.9.4.2. Pre-dimensionamiento de Vigas Interiores . . . . .	53
3.9.4.3. Pre-dimensionamiento de Vigas Chatas y Vigas Soleras . . . . .	53
3.9.4.4. Pre-dimensionamiento de columnas . . . . .	54
3.9.4.5. Metrado de concreto en la losa . . . . .	55
3.10. Comparación de cantidad de Concreto usado. . . . .	56
3.11. Diseño de las losas en Software de estructuras . . . . .	57
3.11.1. Determinación de las Cargas . . . . .	57
3.11.2. Comparaciones . . . . .	58
3.11.2.1. Momentos de flexión en la losa . . . . .	58
3.11.2.2. Momentos de flexión en las vigas de contorno . . . . .	59
3.11.2.3. Deflexiones en las losas . . . . .	60

<b>4. RESULTADOS</b>	<b>61</b>
4.1. Contrastación de hipótesis . . . . .	61
4.2. Análisis e interpretación . . . . .	61
4.2.1. Idealización estructural de una losa Bubble Deck. . . . .	61
4.2.1.1. Controles en el modelo . . . . .	62
4.2.2. Cantidad de concreto para diferentes luces a cubrir. . . . .	62
4.2.3. Cantidad de concreto a nivel de entrepiso . . . . .	63
4.2.3.1. Para la luz máxima de la losa Bubble Deck 230 . . . . .	64
4.2.4. En costos económicos . . . . .	65
4.2.5. Comportamiento estructural . . . . .	65
4.2.6. Peso a nivel de losa de entrepiso . . . . .	67
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>68</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>68</b>
Conclusiones . . . . .	68
Recomendaciones . . . . .	68
Temas afines por investigar . . . . .	68
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>71</b>

# LISTA DE FIGURAS

---

1.1. BubbleDeck Construya más rápido con menos. . . . .	3
2.1. Análisis de optimización no lineal en dos variables, utilizando Matlab. . . . .	8
2.2. Clasificación de losas por sus apoyos: Perimetralmente apoyada y Plana. . . . .	10
2.3. Clasificación de losas por sus apoyos: Perimetralmente apoyada y Plana. . . . .	10
2.4. Clasificación de losas por su forma de trabajar: unidireccional y bidireccional). . . . .	11
2.5. Componentes del sistema. . . . .	13
2.6. Representación 3D de la losa maciza con los soportes de columna. . . . .	14
2.7. Deformación del modelo debido a la carga móvil . . . . .	15
2.8. Ruptura por cortante en losa maciza . . . . .	16
2.9. Ruptura por cortante en losa con pelotas de plástico . . . . .	16
2.10. sección transversal de la losa BubbleDeck. . . . .	18
2.11. Configuración de prueba de la losa de BubbleDeck de dos vías. . . . .	18
2.12. Posiciones de Gage Dial y Demec Discs. . . . .	19
2.13. Relación entre la carga y la desviación ( $H = 100 \text{ mm}$ ). . . . .	19
2.14. Relación entre la carga y la desviación ( $H = 100 \text{ mm}$ ). . . . .	20
2.15. Comparación del cortante basal . . . . .	21
2.16. Comparación de las derivas máximas. . . . .	21
2.17. Panel tipo Filigree Element . . . . .	23
2.18. Panel BD230 Medida: 3 x 12 mts . . . . .	23
2.19. características de las esferas . . . . .	23
2.20. Altura mínima según condiciones de vínculos (para cargas entre 600 kg/m <sup>2</sup> y 800 kg/m <sup>2</sup> ) . . . . .	24
2.21. Distribución y armado de losa aligerada con ladrillo de arcilla provincia de <i>Cangallo- Ayacucho</i> . . . . .	25
2.22. Dimensiones de losas aligeradas con rellenos permanentes. . . . .	25
2.23. Esfuerzos en una sección rectangular con refuerzo en tensión sometida a flexión . . . . .	29
2.24. Consideraciones para el corte de acero en regiones de momento positivo y negativo . . . . .	31

2.25. Diagrama de fuerzas cortantes para el diseño de la viga . . . . .	32
3.1. Detalles de la losa Bubble Deck . . . . .	38
3.2. Asignación de propiedades en el programa sap2000 . . . . .	39
3.3. Selección del modelo área . . . . .	40
3.4. Modelo de losa . . . . .	40
3.5. Asignación de cargas en Sap2000 . . . . .	42
3.6. Momentos en la dirección M11 en Sap2000 . . . . .	42
3.7. Momentos en la dirección M22 en Sap2000 . . . . .	43
3.8. Momentos en las vigas de contorno en Sap2000 . . . . .	43
3.9. Deflexiones en la losa en Sap2000 . . . . .	44
3.10. Momento Máximo en la losa <i>Tonf.m</i> . . . . .	44
3.11. Aceros en la losa Bubble Deck . . . . .	46
3.12. Vista en planta de techo de entrepiso <i>6x6m</i> . . . . .	47
3.13. Vista en planta alternativas en función al espesor de la losa . . . . .	48
3.14. Vista de ejes y columnas . . . . .	51
3.15. Vista en planta de vigas y losa . . . . .	52
3.16. Vista en planta de vigas y losa . . . . .	55
3.17. Modelo de losa Aligerada y Losa Bubble Deck . . . . .	58
3.18. Distribución de momentos <i>M11</i> en las losas <i>tonf.m/m</i> . . . . .	59
3.19. Distribución de momentos <i>M22</i> en las losas <i>tonf.m/m</i> . . . . .	59
3.20. Distribución de momentos hacia las Vigas . . . . .	60
3.21. Deflexiones en la losa para la carga muerta . . . . .	60
4.1. Cantidad de concreto en función a la luz libre a cubrir . . . . .	63
4.2. Vista en planta alternativas en función al espesor de la losa . . . . .	64
4.3. Cantidad de concreto con diferentes espesores, para cubrir la losa <i>7.5x7.5m</i> . . . . .	64
4.4. Modelo de losa en Etabs . . . . .	65
4.5. Distribución de fuerzas de la losa hacia las vigas <i>Etabs</i> . . . . .	66
4.6. Momentos para carga última en las vigas . . . . .	66

# LISTA DE TABLAS

---

2.1. Dimensiones de la losa Bubble Deck . . . . .	14
2.2. Propiedades del material . . . . .	14
2.3. Propiedades de los especímenes de losa. . . . .	17
2.4. Diámetros de esfera de acuerdo al peralte de Losas BDM . . . . .	22
2.5. Detalles de los paneles . . . . .	22
2.6. Espesor de la losa aligerada en función a luz a cubrir . . . . .	26
2.7. Peraltes o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones. . . . .	26
2.8. Deflexión máxima admisible calculada. . . . .	27
2.9. Carga Viva para viviendas . . . . .	28
3.1. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional. . . . .	36
3.2. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional. . . . .	36
3.3. Propiedades de material <i>Concreto y acero</i> . . . . .	39
3.4. Peso propio de la losa Bubble Deck . . . . .	41
3.5. Cuadro de Pre dimensionamiento de Vigas . . . . .	49
3.6. Peso estimado según categoría de estructura . . . . .	51
3.7. Pre dimensionamiento de columnas . . . . .	51
3.8. Cantidad de concreto en losa Uni direccional . . . . .	52
3.9. Pre dimensionamiento de columnas . . . . .	54
3.10. Concreto en vigas de losa Bubble Deck. . . . .	55
3.11. Resumen de concreto sistema Bubble Deck. . . . .	56
3.12. Cantidad de concreto en losa Bubble Deck. . . . .	56
4.1. Cantidad de concreto en función a la luz libre a cubrir . . . . .	62
4.2. Cantidad de concreto por 1m <sup>2</sup> . . . . .	63
4.3. Cantidad concreto para la losa de 6m x 6m . . . . .	63
4.4. Comparación de precios . . . . .	65
4.5. Comparación pesos <i>ton.f</i> . . . . .	67

# LISTA DE SIGLAS Y SÍMBOLOS

---

$l$ : Luz de la viga o losa en una dirección; proyección libre del voladizo,	[m]
$e$ : Espesor de losa ,	[m]
$V_n$ : Resistencia Nominal a Corte	[kg/cm <sup>2</sup> ]
$V_c$ : Resistencia del concreto a fuerza cortante	[kg/cm <sup>2</sup> ]
$\phi R_n$ Resistencia de diseño	[kg/cm <sup>2</sup> ]
$\phi R_u$ Resistencia Requerida	[kg/cm <sup>2</sup> ]
$A_s$ : Área de de refuerzo en tensión	[cm <sup>2</sup> ]
$A_{min}$ : Cuantía mínima de acero	[cm <sup>2</sup> ]
$E$ : Módulo de elasticidad del concreto	[kg/cm <sup>2</sup> ]
$w$ : Índice de refuerzo	
$w$ : Cuantía de acero	
$\rho_b$ Cuantía balanceada	
$BD$ : Losa Bubble Deck	
$BD230$ : Losa Bubble Deck de espesor 230cm	
$LAU$ : Losa aligerada unidireccional	
$MEF$ : Método de Elementos Finitos	
$ACI$ : American Concrete Institute	
$RNE$ : Reglamento Nacional de Edificaciones	

“Lo esencial es invisible a los ojos —repitió el principito para acordarse.”

El Principito— *Antoine De Saint*

Capítulo

# 1

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ingeniería en la construcción siempre crea innovaciones, para mejorar y optimizar recursos en la construcción de edificaciones, es así que a surgido un diseño innovador de losas aligeradas con vacíos esféricos en su interior. Este diseño es sustentable debido al ahorro de concreto y optimización de más recursos como su proceso constructivo. Sin embargo siempre ante todo lo nuevo que se presenta surge la pregunta *¿Es aplicable para nuestra realidad?*. Actualmente en Perú en la región Ayacucho en los proyectos de vivienda se construye con losas aligeradas unidireccionales, en su mayoría, con ladrillo de arcilla usado como aligerante.

Las losas aligeradas con vacíos esféricos de presentar mayores ventajas que una losa aligerada unidireccional, podría significar el cambio del sistema constructivo más común de losas aligeradas en el Perú por uno nuevo generando ahorros de material como el concreto.

### 1.1 Descripción del problema.

El prefabricado de concreto como una solución Integral (Bendezú Escobedo, 2017, pág 1).

La industria de la construcción y el sector asociado es considerado un indicador del crecimiento económico de las naciones, no solamente por la cantidad de empleo que ésta genera (alrededor de 111 millones de trabajadores de todos los sectores industriales), sino porque el incremento o decrecimiento de la cantidad de metros cuadrados de construcción se relaciona directamente con la inversión y por ende con la economía de un país. Es así como, el sector construcción es uno de los sectores más dinámicos que a su vez, necesita

mantenerse activo para promover el desarrollo y crecimiento económico del país. Se estima que la industria de la construcción, contribuye al Producto Interno Bruto entre un 3 % y un 5 % en países en vías de desarrollo sin embargo, también esta industria es conocida como una de las que más contribuyen a la degradación ambiental.

Uno de los mayores impactos negativos de esta actividad se da en el mal uso y desperdicio de recursos tanto de materiales como de mano de obra, el cual no solamente afecta al ambiente sino que repercute en el costo y tiempo de ejecución de los proyectos de construcción. Esta situación justifica la necesidad de que en los proyectos de construcción se optimicen al máximo todos los recursos involucrados.

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE ESTACIONAMIENTO (Chávez Hinojosa, 2011, pág 11).**

Los sistemas modernos de construcción son asociados a tecnologías innovadoras y a los nuevos materiales, sistemas livianos que ofrecen la posibilidad de una mayor rapidez de ejecución por montaje. Estas características influyen en gran medida en el aprovechamiento de los materiales y de la mano de obra, ya que la planificación se hace más sencilla, pudiendo cumplir las metas fijadas en cuanto a los recursos económicos y de tiempo.

La demanda de mayor cantidad de viviendas hace necesaria la inversión en investigación para considerar nuevas opciones y encontrar soluciones técnicas apropiadas, esto ha provocado un alto grado de especialización, principalmente en el campo de la ingeniería. Los sistemas constructivos convencionales han evolucionado de acuerdo a nuevos criterios para el análisis, desarrollo de procesos y puesta en obra. De esta manera aumenta su utilización, ofreciendo una resistencia y capacidad de carga que le permita un desempeño igual o superior a los sistemas constructivos que actualmente se encuentran en aplicación.

### **1.1.1 Bibliográficos a nivel Internacional**

---

La losa, presente en casi todos los tipos de estructuras, es un elemento horizontal de dimensiones en planta relativamente grandes con respecto a su altura, que recibe directamente las cargas verticales. A lo largo del tiempo, se ha observado que las losas macizas de concreto aportan un peso muy grande a la estructura, y no son una muy buena opción cuando las luces entre columnas son grandes, por lo que se ha indagado en la búsqueda de alternativas que ofrezcan un producto más ligero e igual de resistente.

Desde entonces han aparecido distintas soluciones al problema, como lo han sido la

losa reticular o losa waffle, la losa alivianada con arcilla expandida (aliven), la losa hueca en una dirección, la losa nervada en dos direcciones, entre muchos otros.(Díaz Veitía, 2017)

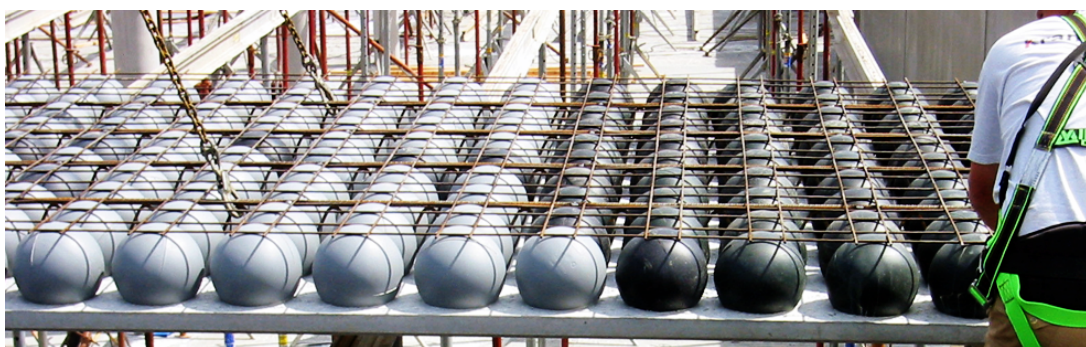
Con el paso del tiempo y el progresivo avance de la tecnología, teniendo como objetivo el de optimizar las ideas ya existentes, ha surgido una nueva propuesta de losas, denominada losa **Bubbledeck**, que es un elemento de concreto armado aligerado con esferas de polietileno de alta densidad. Esta losa, al ser tan ligera, ofrece muchas ventajas, siendo las principales, la posibilidad de su uso en luces grandes, y el ahorro de concreto, acero y tiempo de construcción.(Díaz Veitía, 2017)

La incorporación de vacíos esféricos con esferas huecas en la losa bajo el sistema de BUBBLEDECK reducen el peso muerto en un 35 % comparado con la losa maciza con la misma capacidad de carga. La reducción del peso permite a su vez más reducciones en la estructura del edificio, tales como columnas y paredes de carga. Menor peso muerto redonda en ahorros en los cimientos. (Danstek® , 2016)

### 1.1.2 Sistema BubbleDeck

El sistema BubbleDeck es una solución de ingeniería revolucionaria que ahorra volumen de hormigón en una losa, alivianandola, mejorando el diseño y la ejecución de las construcciones y reduciendo los costos globales.(Danstek® , 2016)

**Fuente:** Folleto técnico de Sistema Bubble Deck



**Figura 1.1:** BubbleDeck Construya más rápido con menos.

Mediante la introducción de esferas plásticas huecas insertadas uniformemente entre las dos capas de las mallas de acero se elimina el hormigón redundante que no tiene efecto estructural en la losa, reduciendo significativamente su peso.(Danstek® , 2016)

## **1.2** Delimitación del problema

---

Con el paso del tiempo y el progresivo avance de la tecnología, teniendo como objetivo el de optimizar las ideas ya existentes, ha surgido una nueva propuesta de losas, denominada losa BubbleDeck, que es un elemento de concreto armado aligerado con esferas de polietileno de alta densidad. Esta losa, al ser tan ligera, ofrece muchas ventajas, siendo las principales, la posibilidad de su uso en luces grandes, y el ahorro de concreto, acero y tiempo de construcción.

Actualmente en la construcción de viviendas en el Perú se usa mucho el sistema de losa aligerada con ladrillo en una dirección, un sistema constructivo que podríamos decir bastante común y tradicional que nos permite aligerar la losa y optimizar recursos como el concreto y aceros. Viendo este punto y el surgimiento de un nuevo diseño de losa BubbleDeck; surge la pregunta, ¿Se podría optimizar concreto y más recursos con la losa BubbleDeck?.

### **1.2.1** Espacial (Geográfica)

---

La presente investigación se realiza en el marco de referencia de construcciones de viviendas en el Perú en la región de Ayacucho en el que se construye las losas aligeradas con el sistema unidireccional con ladrillo de arcillo como aligerante.

Como lo menciona (Damiano Leguía, 2018), En la región Ayacucho, hay un crecimiento poblacional urbano cada vez más acelerado según el censo 2017, se crea una necesidad de generar un alto déficit habitacional.

Lo que nos lleva a proyectar más construcciones de viviendas; por lo que la innovación y aplicabilidad de un nuevo sistema constructivo debe ser evaluado para plantear y buscar la optimización.

### **1.2.2** Temática y unidad de análisis

---

En la presente investigación se busca ver el diseño y la aplicabilidad de las losas con vacíos esféricos conocido como BubbleDeck en comparación con una losa aligerada unidireccional. Buscando con ello el sistema de losa más aplicable en viviendas.

## **1.3** Formulación del problema.

---

### **1.3.1** Problema principal.

---

¿Es posible reducir la cantidad de concreto con incorporación de vacíos esféricos en losas aligeradas?

### 1.3.2 Problemas secundarios.

---

1. ¿La incorporación de vacíos esféricos reducirá concreto y no afectara la resistencia a la flexión y compresión de la losa aligerada?
2. ¿En qué medida, será aplicable este nuevo diseño para construcciones de losas en el Perú?

## 1.4 Justificación del problema.

---

- ☞ En estos tiempos han salido nuevos sistemas constructivos innovadores como es BubbleDeck, losa con vacíos esféricos, que propone optimizar concreto como una losa aligerada; por lo cual planteamos ¿Qué tan aplicable sería este nuevo método constructivo en edificaciones para vivienda en Perú?
- ☞ En la Construcción, uno de los mayores impactos negativos de esta actividad se da en el mal uso y desperdicio de recursos tanto de materiales como de mano de obra, el cual no solamente afecta al ambiente, sino que repercute en el costo y tiempo de ejecución de los proyectos de construcción. Esta situación justifica la necesidad de que en los proyectos de construcción se optimicen al máximo todos los recursos involucrados.
- ☞ Con la presente investigación obtendremos un nuevo diseño, con el cual se podrá reducir los costos y también los recursos empleados, llegando a ser una solución eficiente. Usando menos recursos, podremos lograr una losa con características similares y superior a la losa aligerada unidireccional.
- ☞ La presente investigación nos lleva hacia un nuevo diseño, que servirá para solucionar problemas como de escasez de agregados y baja economía; también servirá para futuras investigaciones que puedan partir de esta. Por lo cual el diseño debe ser analizado y comprobado para luego ser aplicado en las construcciones de losas de concreto en el Perú. En el diseño que se plantea, la losa tendrá en su interior vacío en forma de esfera, con lo cual se podrá lograr ahorro de concreto y mejoramiento del comportamiento estructural de la losa; debido a que el vacío esférico trabajará y se acomodará a los esfuerzos de flexión que se generen en la losa.

- ☞ Con el planteamiento del diseño para su implementación, la losa podrá trabajar como una sola estructura debido al refuerzo incorporado en su interior. La losa no llevará viguetas de soporte y el uso de vigas principales será reducido, esto nos lleva a la disminución de peso de la estructura y en consecuencia la disminución del peso de la edificación en su conjunto.
- ☞ La presente investigación nos lleva hacia un nuevo diseño, que de ser comprobado la optimización en recursos podría incorporarse y aplicarse en los diseños de losas aligeradas en el Perú que genere menos recursos para su implementación. Todo diseño innovador se mide en su aplicabilidad y soluciones que pueda dar en comparación con los métodos constructivos existentes.

## **1.5** Limitaciones de la Investigación

---

Una de las limitaciones es poder observar experimentalmente el comportamiento de la losa BubbleDeck bajo cargas de servicio debido a que no se cuenta con equipos necesarios en laboratorio para realizarlo. Por lo que para la investigación se limita analizar la losa bajo la idealización estructural en el programa Sap2000 con un análisis de fuerzas estáticas según la norma E-020, E-030 y E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú. Para demostrar el comportamiento de una losa con vacíos esféricos a nivel experimental, se citará los experimentos ya realizados y comprobados por otros trabajos de investigación del área de estructuras, a nivel internacional. También mencionar un factor lo complejo del análisis y que no se cuenta con la economía suficiente para solventar los gastos que demanda un modelo a escala y los equipos para comprobarlos.

## **1.6** Objetivos de la investigación.

---

### **1.6.1** Objetivos Generales.

---

Demostrar que si generamos vacíos esféricos en losas de concreto bajo el sistema Bubble Deck mantenemos su resistencia y reducimos el volumen de concreto.

### **1.6.2** Objetivos Específicos.

---

1. Proponer un un modelo de diseño e idealización para su análisis estructural.
2. Realizar comparación de costos en concreto entre nuestro diseño con vacíos esféricos y la losa aligerada unidireccional con ladrillo de arcilla.

“La juventud sonríe sin motivo. Es uno de sus mayores encantos.”

— Oscar Wilde

Capítulo

# 2

## MARCO TE ORICO

Manual De Proceso Constructivo De Losas Bubble Deck (BDM®) Para Edificaciones. (Segura García, 2017, pág 5)

Se puede afirmar en general que no hay limitaciones para el uso del concreto estructural reforzado en la construcción. Ya que su gran versatilidad y adaptabilidad de este material lo han ayudado a que exista una gran variedad de estructuras tridimensionales, por ejemplo: a) Sistemas de losas concreto reforzado: losa maciza, losa aligerada, losa en una y dos direcciones; b) Cubiertas de tipo: paraboloides hiperbólicos y domos esféricos; c) Puentes: en forma de arco, atirantado, con vigas cajón y con aletas; d) Depósitos de almacenamiento y tanques.

Formando así, una serie de elementos que interactúan entre sí para poder soportar y transferir cargas internas y externas; y que por su diseño se puedan estudiar separadamente para al final considerar la interacción con el resto de la estructura.

### 2.1 Optimización en el concreto

El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo; sin embargo, normalmente tomar lo que da por hecho - con demasiada frecuencia, significa que gran parte de lo que el concreto puede ofrecer se pasa por alto. (ANDECE, 2016).

#### 2.1.1 Optimización

según (Guerra Sánchez, 2015). "La palabra *optimizar* se refiere a la forma de mejorar alguna acción o trabajo realizada, esto nos da a entender que la optimización de recursos es buscar la forma de mejorar el recurso de una empresa para que esta tenga mejores resultados,

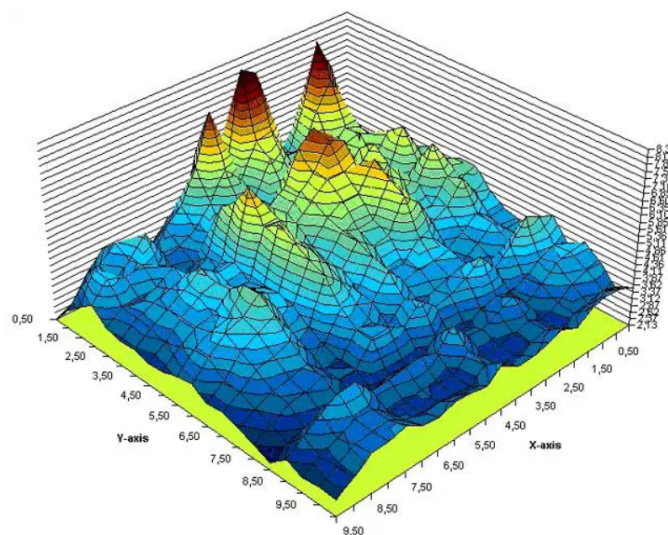
mayor eficiencia o mejor eficacia. Es la acción de buscar la mejor forma de hacer algo, esto quiere decir que es buscar mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia en el desempeño de algún trabajo u objetivo a lograr, en este caso del recurso de una empresa, llamándose optimización de recursos".

Para la presente investigación, se estudiara al sistema de losa aligerada con vacíos esféricos Bubble Deck como una nueva propuesta innovadora en la construcciones de losa; en el que se optimicen los materiales como la cantidad de concreto y más recursos para plantear así que este sistema es aplicable para construcción de viviendas en el Perú.

### 2.1.2 Optimización en la ingeniería civil

Según, (Villavicencio Fdez, 2014), Por optimización debemos entender el proceso de llegar a la solución óptima. Hoy en día este es un concepto que va más allá de simplemente referirse a la solución más económica. Para lograr la solución óptima, debe tenerse definida previamente una variable básica en función de una prioridad (esta bien puede ser la económica, aunque no necesariamente). El valor máximo o mínimo de la variable manipulada es el que produce la solución óptima.

Fuente: Figura tomada desde *Civilgeeks*



**Figura 2.1:** Análisis de optimización no lineal en dos variables, utilizando Matlab.

El concepto de solución óptima es importante en ingeniería. Todo problema de Ingeniería Civil, tiene una solución óptima. Considere el ejemplo del diseño de una viga sometida a flexión. En el proceso de diseño intervienen muchas consideraciones como el espacio disponible definido por el arquitecto, que influye en la definición geométrica de la viga,

en la selección del tamaño de las varillas de refuerzo longitudinal y su disposición, el costo de la misma, el tiempo y método de construcción, la resistencia a la flexión, etc. (Villavicencio Fdez, 2014)

## 2.2 Definición de Losas

---

Son los elementos estructurales más utilizados en la construcción, que sirven para conformar pisos y techos de un edificio y que se apoyan en las trabes, columnas o muros.

Su función estructural es transmitir las cargas gravitacionales hacia los apoyos que a su vez bajan hasta la cimentación, formando un diafragma con alta rigidez en su plano. Un punto a tomar en cuenta son las cargas verticales ya que provocan momentos flexionantes que pueden generar problemas de flecha y vibraciones; de manera que el espesor y su refuerzo son parte fundamental para definir la rigidez del sistema.

Su diseño debe estar regido para que soporte fallas a flexión, cortante o torsión para evitar así colapsos súbitos y catastróficos. (Segura García, 2017)

### 2.2.1 Tipos de losas de concreto

---

Según, (Segura García, 2017), en las Normas Técnicas Complementarias NTC-C (México) en el caso de losas, las clasifica en dos categorías basadas en función de las características de sus apoyos que son: losas perimetralmente apoyadas y losas planas. Cada una tiene características diferentes que derivan en un comportamiento diferente y análisis distinto.

**Losas perimetralmente apoyadas:** Este sistema se basa en la distribución de las cargas de la losa hacia las trabes y posteriormente a las columnas. Estas pueden ser en una o dos direcciones.

**Losas planas:** El término se refiere a la familia de estructuras en que la losa es de espesor constante y trabaja en dos direcciones transmitiendo carga generalizada a la estructura de soporte, que consiste únicamente de columnas. Las columnas pueden tener en la parte superior unas ampliaciones denominadas capiteles, o bien, una losa alrededor de la columna con mayor peralte, a la que se conoce como ábaco.

Fuente: Figura tomada desde (Segura García, 2017)

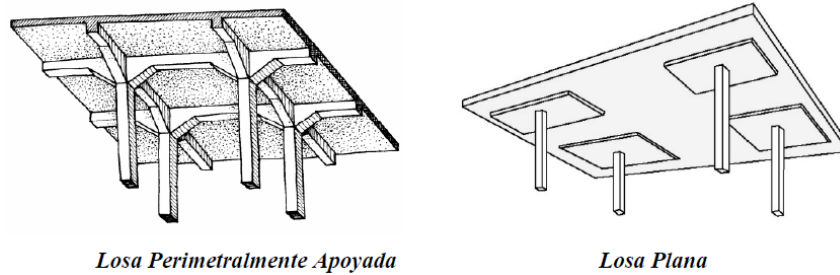


Figura 2.2: Clasificación de losas por sus apoyos: Perimetralmente apoyada y Plana.

En el caso de las losas planas el uso de capiteles es imprescindible para evitar las fallas por cortante y permitir mayores claros entre su estructura de soporte. Otra clasificación importante de las losas, dentro de las cuales se puede subdividir:

**Losas macizas:** Son elementos estructurales de concreto armado, de sección transversal rectangular completa y espesor constante.

**Losas aligeradas:** Son elementos formados por una retícula de vigas lograda por bloques huecos de plástico u otros materiales que soportan una delgada losa en su parte superior.

Fuente: Figura tomada desde (Segura García, 2017)

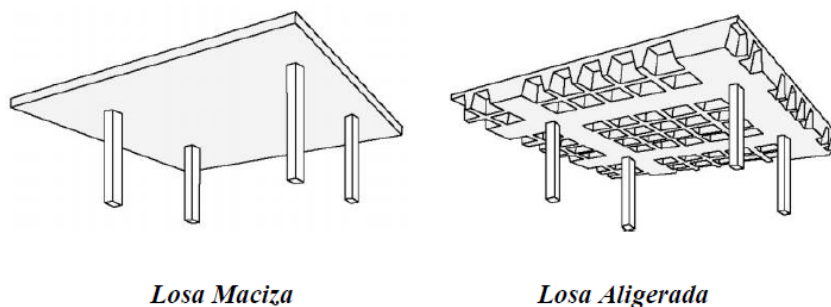
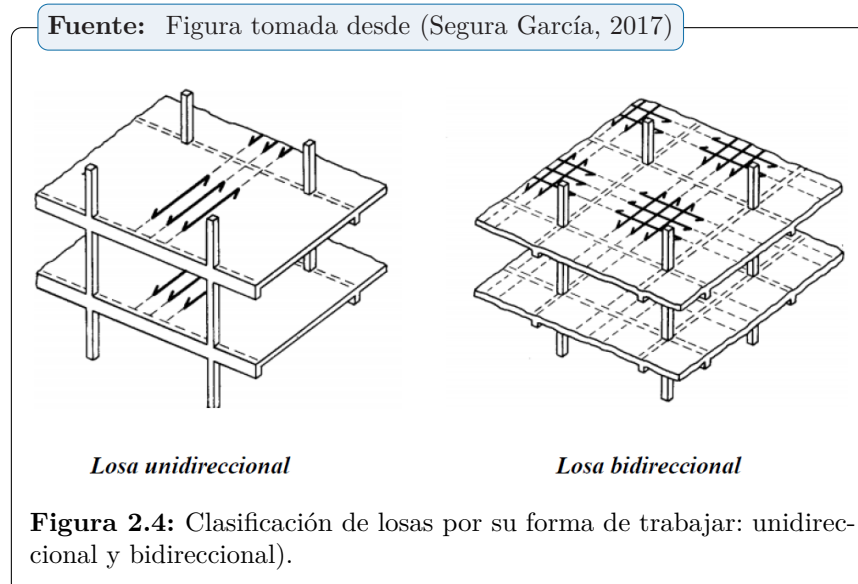


Figura 2.3: Clasificación de losas por sus apoyos: Perimetralmente apoyada y Plana.

Que a su vez se subdivide en la siguiente categoría:

**Losas unidireccionales:** Se entiende cuando las cargas verticales son transferidas hacia una sola dirección de la losa, el cual estará soportado por una trabe o viga en la dirección más corta, sin dejar de reforzar el lado más largo.

**Losas bidireccionales:** Se considera cuando los esfuerzos se direccionan de manera ortogonal en la losa, realizando un armado en ambas direcciones para soportar las deformaciones que se ocasionen en todos sus lados.



Además de las clasificaciones anteriormente mencionadas, existen otros sistemas que son variantes y se pueden clasificar de acuerdo a las características del refuerzo, es decir, entre losas con refuerzo normal y losas preesforzadas.

### 2.2.1.1 El concreto Simple en losas Aligeradas

Según (Segura García, 2017), en lo que respecta a las losas planas aligeradas, la principal variante que se encuentra es en el material con el que se puede hacer el aligeramiento. Pueden usarse bloques huecos de mortero ligero o casetones de poliestireno expandido como materiales que quedan ahogados dentro de la losa, o moldes de fibra vidrio que se retiran posterior al fraguado. La idea fundamental es reducir el peso de la losa en la zona donde el concreto tiene los menores esfuerzos y obtener así una construcción en una o dos direcciones. Al disminuir el peso de la losa se pueden cubrir claros mayores de manera más económica. Dentro de esta clasificación se encuentran las de una sola dirección como:

- ☞ Losa vigueta y bovedilla
- ☞ Losas alveolares

Y las bidireccionales:

- ☞ Losa nervada o encasetonada

### ☞ Losa Bubble Deck

Es muy importante que los aligeramientos se omitan cerca de las columnas, de manera que se forme una losa maciza para resistir mejor los momentos y cortantes en estas áreas, por lo tanto deben llevar ábacos o capiteles macizos que tengan una dimensión mínima de un sexto del claro correspondiente, medida desde el eje de columnas; o de 2.5 h, medida desde el paño de la columna, con el objeto de que el cono potencial de falla no atraviese huecos o casetones.

También se recomienda que las losas aligeradas que lleven volados rematen en una viga maciza cuyo ancho sea por lo menos igual al espesor de la losa o a 25 cm, y que la longitud del volado no exceda de diez veces dicho espesor.

## **2.3** Sistema Constructivo Tradicional

---

**Análisis Comparativo Entre Procesos de Diseño Y Construcción De Los Sistemas Tradicional y Prefabricado de Losas De Entrepiso Para Edificaciones De hasta 4 Niveles (Sanabria Riaño, 2017, pág 5).**

Entendemos por “construcción tradicional” a la que realiza en el lugar “in situ” todas aquellas tareas necesarias para materializar la mayor parte de los subsistemas de un edificio. Este tipo de actividades, deben ser ejecutadas por personas calificadas que asimilaron sus oficios a través de la información recibida por sus antecesores, siendo por lo tanto, un aprendizaje “generacional” y como tal, la improvisación y espontaneidad son palabras frecuentes en el desempeño. Los materiales utilizados son prácticamente los mismos que se han utilizado por décadas, produciendo algunas variables en su lenguaje formal pero conservando las mismas técnicas de construcción (el progreso más significativo está vinculado con la inclusión de los mecanismos industriales en la producción de materiales de construcción). El proceso de vinculación entre las partes ha sido, en general, a través de juntas y uniones húmedas en base a cemento, cal y arena. Los espacios arquitectónicos quedan definidos por muros, que a su vez, están constituidos por bloques de tierra cocida que proponen en su sucesión, una especie de modulación, aunque, de ser necesario, éstos pueden seccionarse para conseguir las medidas deseadas. Posiblemente uno de los motivos más importantes de su difusión y actualidad esté relacionado con la nobleza y durabilidad de los edificios resultantes.

## 2.4 Losa con vacíos Esféricos sistema Bubble Deck

A partir de la década de los 90s surge un nuevo sistema de losas enlazando el espacio de aire, el acero y el concreto en una losa hueca bidireccional, dando como resultado el surgimiento de un nuevo sistema de losas aligeradas llamado Bubble Deck.

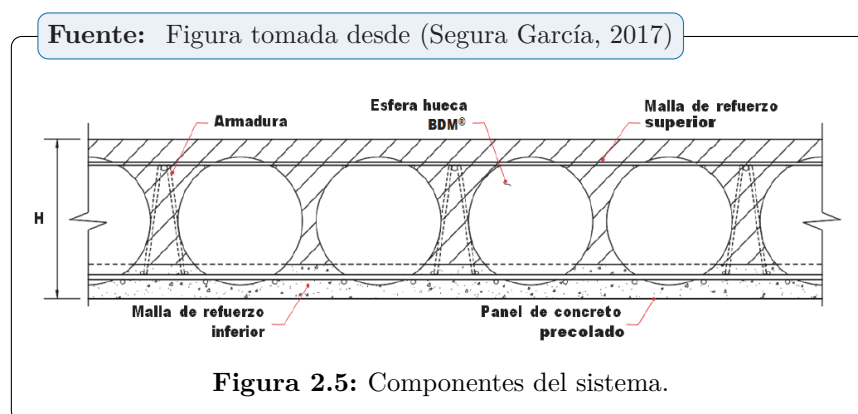
El ingeniero alemán Jorgen Breuning fue creador de esta patente y de la cual destacan los siguientes atributos: como la reducción de cargas muertas, la eliminación de elementos de soporte estructural (trabes secundarias) y el disimulo de las trabes primarias dentro del peralte de la losa permitiendo que se vea una losa plana y la adaptabilidad a cualquier geometría de proyecto. (Segura García, 2017).

### 2.4.1 Características Principales

Dicho Sistema se compone de una losa plana aligerada que utiliza esferas de plástico reciclado (polietileno de media densidad) encargadas de remplazar al concreto inefectivo de la losa, permitiendo que estas sean colocadas en zonas donde los momentos sean menores y los esfuerzos a compresión y tensión no se vean influenciados al distribuirse libremente en la losa. Actuando como una losa maciza en cualquier dirección, permitiendo claros más largos entre columnas.

El proceso de fabricación consiste en colocar la malla electrosoldada de refuerzo inferior, seguido de las esferas y la armadura para poder posicionar y soldar posteriormente; después colocaremos la segunda malla electrosoldada que servirá como refuerzo superior, formando una jaula de acero con las esferas en su interior.

Una vez lista la jaula se coloca sobre el refuerzo inferior la capa de 6 cm de espesor de concreto (de acuerdo a diseño), donde fraguara por 24 horas, para formar el Panel BDM.



### 2.4.2 Comportamiento Estructural de una losa con vacíos Esfericos

Se han realizado estudios de investigación sobre una losa con vacíos esfericos los cuales citamos a continuación:

“Analysis of Bubble deck slab design by finite element method” (Pandey and Srivastava, 2016, pág 5).

Artículo científico que explica el uso del método de los elementos finitos en el análisis estructural, el cual es un método numérico que dentro de la ingeniería estructural, se utiliza para analizar los esfuerzos aplicados en superficies, bien sean losas o muros, y así evaluar si su comportamiento es eficiente o no.

Fuente: Figura tomada desde (Pandey and Srivastava, 2016)



**Figura 2.6:** Representación 3D de la losa maciza con los soportes de columna.

Los datos del modelo y características de los materiales evaluados fueron:

Fuente: Tabla tomada desde (Pandey and Srivastava, 2016)

<i>Dimension of bubble deck slab</i>	
<i>Bubble diameter</i>	<i>6.50cm</i>
<i>Depth</i>	<i>14cm</i>
<i>Width</i>	<i>30cm</i>
<i>Upper concrete thickness</i>	<i>3.75cm</i>
<i>Lower concrete thickness</i>	<i>3.75cm</i>

**Tabla 2.1:** Dimensiones de la losa Bubble Deck

Fuente: Tabla tomada desde (Pandey and Srivastava, 2016)

Material	Compressive strength (kN/m <sup>2</sup> )	Young Modulus (kN/m <sup>2</sup> )	Poisson's Ratio (kN/m <sup>2</sup> )	Thermal Expansion	Density (kN/m <sup>2</sup> )
Concrete	25,000	2.48E+07	0.16	5.5E-6	25
HDPE	30,000	8.00E+05	0.42	2.0E-5	10.01

ANSYS 2000 models of bubble deck slab consist the approximately 7500 element.

**Tabla 2.2:** Propiedades del material

Se aplicó una carga móvil de 100 kN sobre la losa de la cubierta de burbujas, así como sobre la losa de la plataforma sólida. Se realizó un estudio comparativo en ambas losas para la máxima tensión y la máxima deformación.

Fuente: Figura tomada desde (Pandey and Srivastava, 2016)

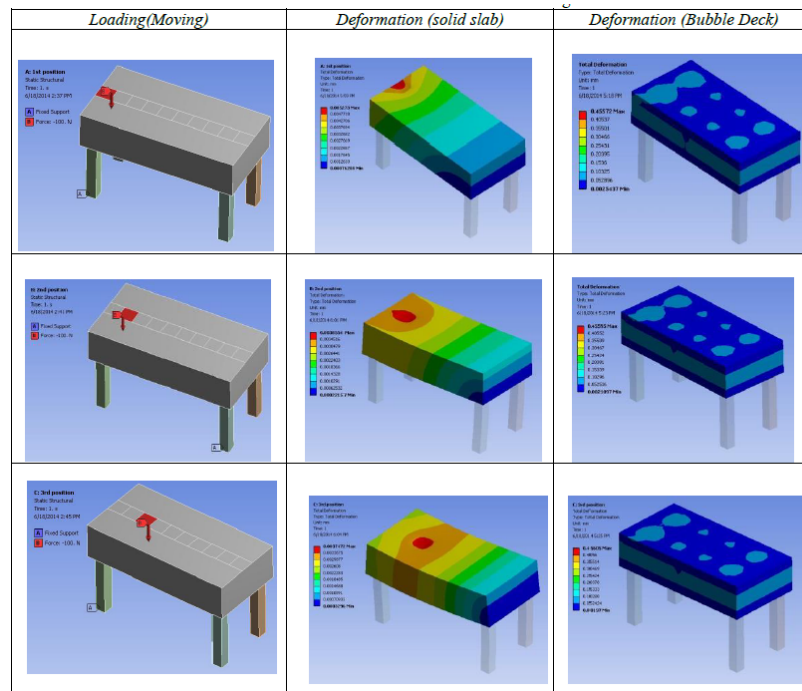


Figura 2.7: Deformación del modelo debido a la carga móvil

Las tensiones y fuerzas internas máximas en el modelo de cubierta de burbujas superaron las de la losa sólida. El momento máximo y la tensión interna de la plataforma de burbujas fue 64 % más alto que la plataforma sólida para un estudio adicional en la losa de cubierta de burbujas y el análisis de la tabla de plataforma sólida se realizó en la tabla sólida y la tabla de cubierta de burbujas en ANSYS2000. Tanto las losas en las que se modeló en Ansys2000 de acuerdo con los parámetros del modelo experimental como las losas se analizaron para determinar la respuesta estática en los diferentes parámetros de carga. La fuerza de corte desarrollada en la dirección  $xz$  ( $V13$ ), en la dirección  $yz$  ( $V23$ ), las tensiones máximas que se desarrollan en la plataforma ( $S_{max}$ ) y la desviación  $U$  (3). La tabla resume el resultado de respuesta estática de la prueba de burbuja Losa de cubierta en ANSYS200.

El resultado de ANSYS2000 muestra que los momentos máximos, la fuerza de corte y la tensión en el plano en la cubierta de burbujas son un 10-25 % menores que los de la losa de concreto sólido en las mismas condiciones. Esto es una consecuencia de la disminución de la carga muerta de las esferas de HDPE en lugar de concreto. Además, esta reducción de

*carga para la condición permanente reduce la tensión general y, por lo tanto, es beneficiosa para la respuesta a largo plazo del sistema de plataforma.*

Como conclusión se obtuvo, luego de evaluar los esfuerzos en una losa Bubble Deck y compararlos con los obtenidos en una losa maciza, que el nuevo sistema era mucho más eficiente que el tradicional, con reducción considerable de carga muerta y ahorro en materiales, combinando ventajas de otros sistemas de losas, y solucionando problemas ocasionados por las desventajas de los mismos, todo al mismo tiempo.

**Análisis de Eficiencia Estructural Entre Una Losa Nervada Y Una Losa ALivianada Con Pelotas de Plástico Reciclado” (Basantes Ruiz, 2016, pág 5).**

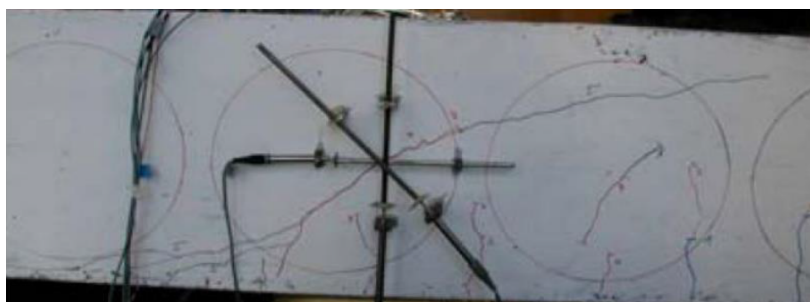
El comportamiento estructural y el método de cálculo usado para losas con esferas de plástico son idénticos al de una losa maciza.. De acuerdo a estudios realizados se comprobó que los resultados de corte son similares.

**Fuente:** Estudio comparativo. Figura tomada desde (Basantes Ruiz, 2016)



**Figura 2.8:** Ruptura por cortante en losa maciza

**Fuente:** Estudio comparativo. Figura tomada desde (Basantes Ruiz, 2016)



**Figura 2.9:** Ruptura por cortante en losa con pelotas de plástico

Se observa la similitud de la superficie de falla y ser la losa con pelotas de plástico la losa con mayor volumen que la losa de hormigón cuenta con grietas más grandes.

**STRUCTURAL BEHAVIOUR OF BUBBLE DECK SLAB (JOSEPH, 2016, pág 5).**

Investigación experimental del comportamiento estructural de la losa BubbleDeck. Se realiza especímenes de losas macizas y bubbleDeck de (100cm x 100cm) con espesor de 100cm y 125cm y con esferas de diámetro 64cm, 80cm y 100cm . Como se muestra en la tabla.

**Fuente:** Tabla tomada desde (JOSEPH, 2016)

No.	Specimen name	Length (mm)	Width (mm)	Slab thickness H (mm)	Bubble diameter B (mm)	B/H	No. of plastic spheres	f'c (MPa)	$\rho$ (%)
1	SD2	1000	1000	100	--	-	--	33.13	0.443
2	BD2-bu 64				64	0.64	144	34.66	
3	BD2-bu 80				80	0.80	100	33.34	
4	SD3			125	--	--	--	32.14	0.285
5	BD3-bu 64				64	0.51	144	34.66	
6	BD3-bu100				100	0.80	64	33.34	

**Tabla 2.3:** Propiedades de los especímenes de losa.

Los espaciamientos y distribución de esferas son de acuerdo al plano fig 2.10.

Fuente: Tomada desde (JOSEPH, 2016)

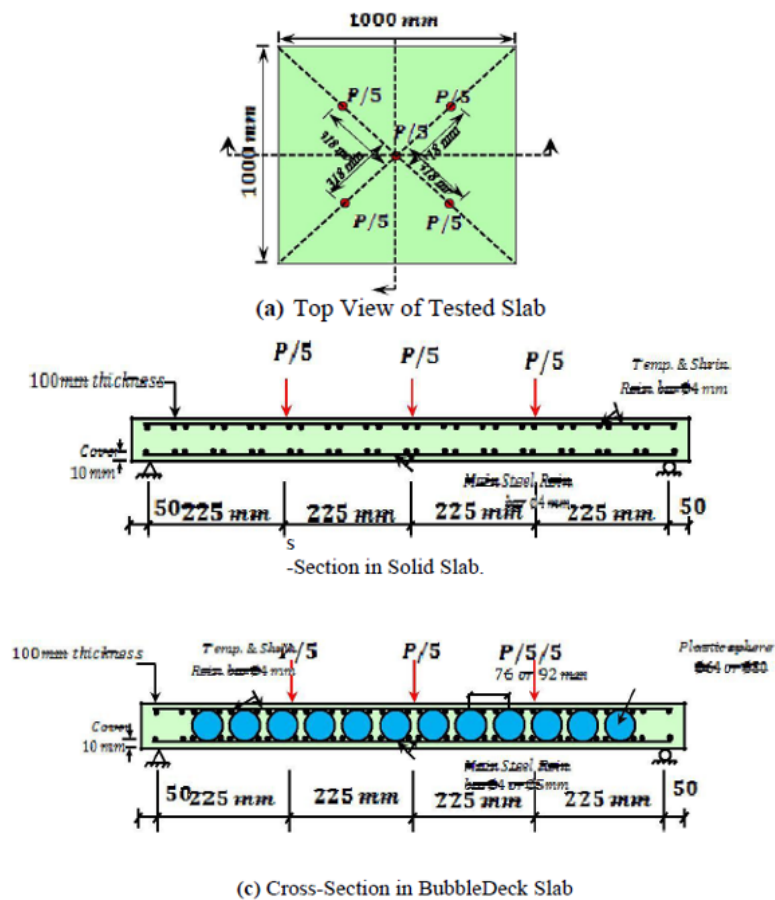


Figura 2.10: sección transversal de la losa BubbleDeck.

Las muestras se analizaron bajo un sistema de carga de cinco puntos utilizando un gato hidráulico de cinco y una placa de carga de cinco para satisfacer la condición de carga real (Fig. 2.11). La carga se incrementó gradualmente en incrementos de (10kN) para registrar la deflexión hasta el fallo.

Fuente: Tomada desde (JOSEPH, 2016)



Figura 2.11: Configuración de prueba de la losa de BubbleDeck de dos vías.

La deflexión de las muestras se midió en su tramo medio debajo de la cara inferior de las losas ensayadas y la tensión del lado de compresión de las muestras se midió utilizando medidores de tensión DEMEC en nueve puntos como se muestra en la Fig. 2.12 La carga se incrementó gradualmente en incrementos de (10kN) para registrar la deflexión hasta el fallo.

Fuente: Tomada desde (JOSEPH, 2016)

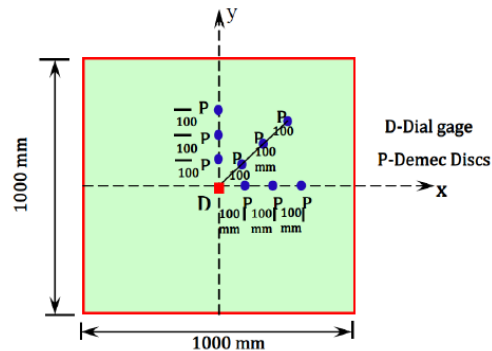


Figura 2.12: Posiciones de Gage Dial y Demec Discs.

Como resultados más representativos se obtuvieron:

- ☞ Como resultado se obtuvo, que la diferencia más importante es la rigidez, ya que es ligeramente menor debido a la presencia de las esferas ya que se tiene menor área transversal.
- ☞ Para porcentaje de vacíos del 25 % generados por las esferas la carga final a resistir son las mismas y para porcentaje de vacíos de 30 % hay una reducción del 10 %.
- ☞ Las deflexiones bajo la carga de servicio de los especímenes de BubbleDeck fueron un poco más altas que las de una losa maciza equivalente.

Fuente: figura tomada desde (JOSEPH, 2016)

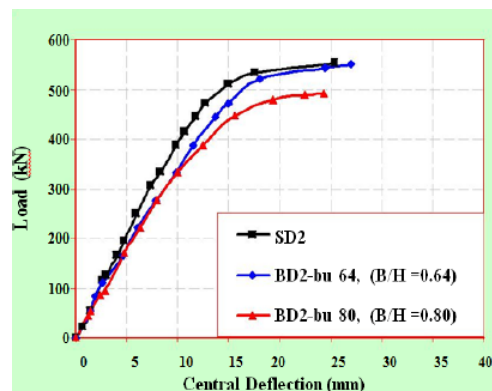


Figura 2.13: Relación entre la carga y la desviación (H = 100 mm).

- ☞ Todas las muestras mostraron un modo de falla de flexión con grietas diagonales de flexión.

Fuente: figura tomada desde (JOSEPH, 2016)

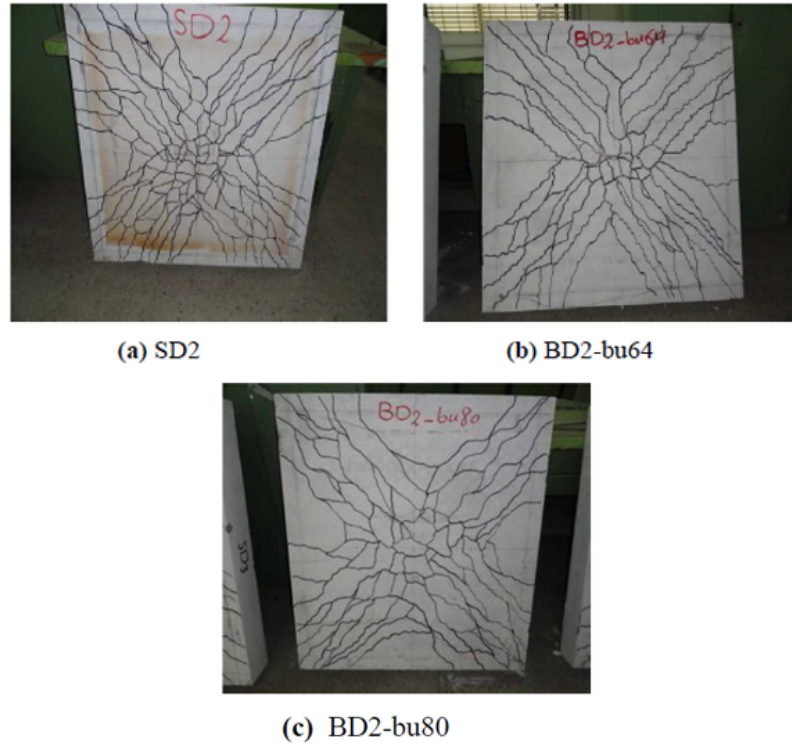


Figura 2.14: Relación entre la carga y la desviación ( $H = 100 \text{ mm}$ ).

### ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES CON LOSAS BUBBLEDECK (Díaz Veitía, 2017, pág 159).

En la presente investigación, se observa el comportamiento sísmico en edificaciones para diferentes luces. En el que se hizo una comparación para una losa Bubble Deck con una losa nervada en dos direcciones.

**Comparación del cortante basal** La figura 2.15 muestra el aumento creciente del cortante basal, mostrando un comportamiento muy similar en ambos sistemas, hasta la luz de 15 metros, donde dicho parámetro disminuye considerablemente en el pórtico con losas reticulares, debido al gran aumento de secciones de columnas y vigas (y por lo tanto de peso) en ese caso.

Fuente: Figura tomada desde (Díaz Veitía, 2017)

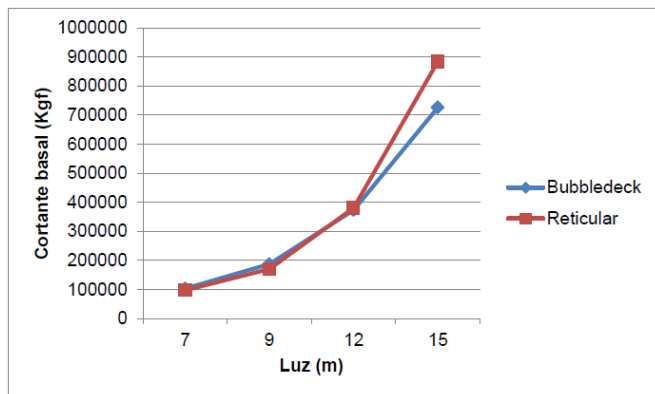


Figura 2.15: Comparación del cortante basal

**Comparación de la deriva** Ambos sistemas cumplieron con el valor máximo exigido por la norma, el cual se obtuvo en función del número de pisos y la altura entre dichos pisos. Sin embargo, a excepción del caso de la luz de 7 metros, las derivas en el sistema con losas reticulares fueron ligeramente menores, nuevamente debido al aumento de masa más acelerado que el del sistema con losas Bubbledeck debido a la luz, tal como lo muestran figura 2.16.

Fuente: Figura tomada desde (Díaz Veitía, 2017)

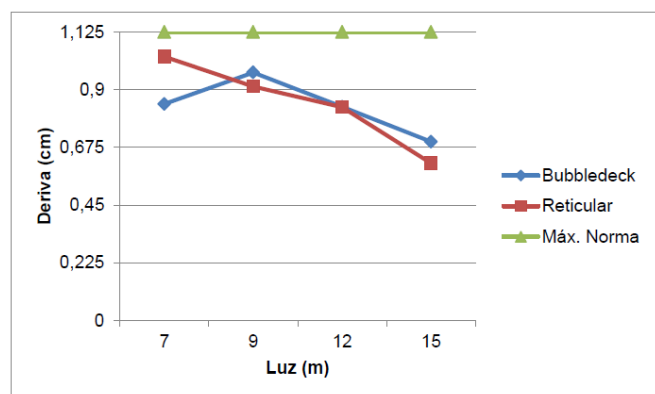


Figura 2.16: Comparación de las derivas máximas.

Como conclusión se obtuvo:

- ☞ Tanto los sistemas con losas Bubbledeck como aquellos con losas reticulares cumplen con la normativa nacional, para los casos estudiados.
- ☞ Ambos sistemas poseen un comportamiento similar en cuanto a parámetros sísmicos (cortante basal y deriva).

### 2.4.3 Esfera

La esfera de plástico hueca utilizada está hecha de polietileno de media densidad reciclado. Manufacturada con once anillos en su geometría para darle una resistencia de 90 kg (peso promedio de una persona) y que no tenga ninguna deformación en el momento de su transporte y el tránsito de personal en obra. (Segura García, 2017)

Fuente: Tabla tomada desde (Segura García, 2017)

<i>Peralte</i>	<i>Espesor final de losa</i>	<i>Diámetro de esfera cm</i>
<b>BDM230</b>	23	<b>18.0</b>
<b>BDM280</b>	28	<b>22.5</b>
<b>BDM340</b>	34	<b>27.0</b>
<b>BDM390</b>	39	<b>31.5</b>
<b>BDM450</b>	45	<b>36.0</b>
<b>BDM510</b>	51	<b>41.0</b>
<b>BDM600</b>	<b>60</b>	<b>50.0</b>

Tabla 2.4: Diámetros de esfera de acuerdo al peralte de Losas BDM

### 2.4.4 Uso de paneles prefabricados

La patente danesa Bubble Deck es la encargada de la creación de tres diferentes tipos de paneles adecuados a cada proyecto. Entre las características particulares de cada panel se encuentran: tres metros de ancho por una longitud máxima de 12 metros.

Fuente: Tabla tomada desde (Danstek®, 2016)

Tipo	Espesor de losa (mm)	Diámetro de las esferas (mm)	Tramos (m)	Cargas (kgf/m)	Concreto (m3/m2)
<b>BD230</b>	230	180	7 a 10	370	0,15
<b>BD280</b>	280	225	8 a 12	460	0,19
<b>BD340</b>	340	270	9 a 14	550	0,23
<b>BD390</b>	390	315	10 a 16	640	0,25
<b>BD450</b>	450	360	11 a 18	730	0,31

Tabla 2.5: Detalles de los paneles

De los diferentes paneles que existen, para la investigación planteamos para Perú el tipo de Filigree element, el primero que vamos a mencionar a continuación:

**Elementos filigrana (filigree element):** Panel conformado por una losa precolada de concreto ubicada en la parte inferior, donde quedan embebidas y sostenidas las esferas por las armaduras y en la parte superior una malla de acero electrosoldada. Mientras que la capa superior de concreto y los refuerzos de acero que terminan de conformar la losa son colocados en obra.

Fuente: Figura tomada desde (Segura García, 2017)

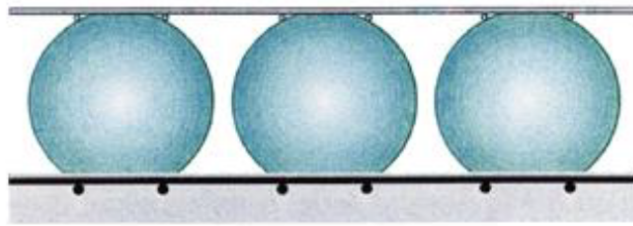


Figura 2.17: Panel tipo Filigree Element

### 2.4.5 Panel BD230

Para el presente trabajo de investigación usaremos el panel BD230 con longitudes de  $9 \times 3m$ ; para losa de entresuelo que planteamos. En la figura se muestra las características de la losa Bubble Deck.

Fuente: Figura tomada desde (Segura García, 2017)

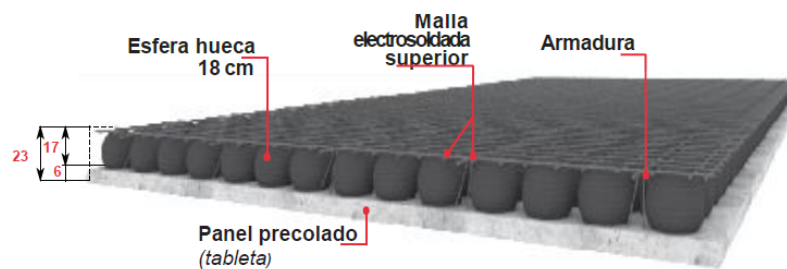


Figura 2.18: Panel BD230 Medida: 3 x 12 mts

Las características de la esfera de la losa se muestra en la figura.

Fuente: Figura tomada desde (Segura García, 2017)

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	18	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.003	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso de esfera</b>	0.20	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	840	Pzas.
<b>Volumen de Esferas</b>	2.67	M <sup>3</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	168.00	Kg

Figura 2.19: características de las esferas

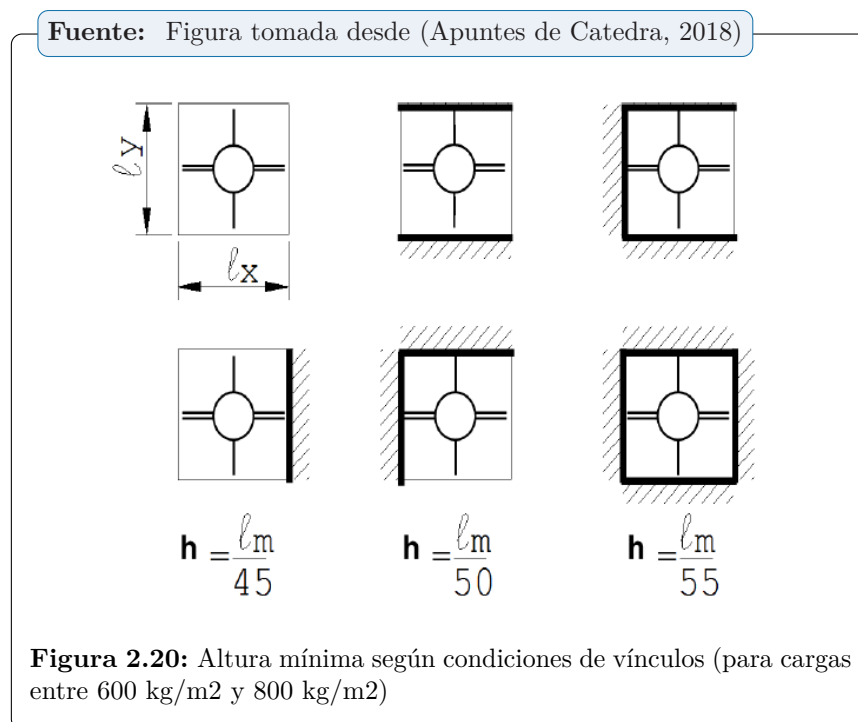
**2.4.6 Pre dimensionamiento**

Según lo analizado referente a su comportamiento, la losa con vacíos esférico Bubble Deck tiene una resistencia equivalente al de una losa maciza en dos direcciones, todo este se ha comprobado con los ensayos de laboratorio y análisis por elementos finitos.

Por lo cual para el pre dimensionamiento, lo asumiremos como si tratase de una losa maciza en dos direcciones. EL ACI en el capítulo 8; plantea a en la sección para losa en dos direcciones sin vigas interiores:

$$\frac{l_n}{33}$$

También para el pre dimensionamiento podemos aplicar la siguiente ecuación según la forma del apoyo de la losa maciza bidireccional:



$$\frac{l_m}{55}$$

donde  $l_m$  sería:

$$l_m = \frac{l_x + l_y}{2}$$

Con las dos ecuaciones podemos determinar el espesor final de la losa Bubble Deck, considerando su comportamiento como una losa maciza bidireccional.

## 2.5 Losa aligerada Unidireccional con ladrillo de Arcilla

Estas losas son las más utilizadas en la construcción actualmente, esto se debe a las distintas ventajas que posee. Las losas aligeradas más usadas son de 20 y 25 cm. Con un espesor de losa de 5 cm, y un ancho de vigueta de 10cm. Por cuestiones constructivas, es aconsejable no colocar más de dos varillas de acero por vigueta. En la figura se muestra la distribución de los elementos que componen este sistema (ladrillos, viguetas, acero de refuerzo e instalaciones eléctricas y sanitarias) y en la figura 2.2 se muestra el detalle de corte de losa. (Chávez Hinojosa, 2011)

Fuente: Propia



Figura 2.21: Distribución y armado de losa aligerada con ladrillo de arcilla provincia de Cangallo- Ayacucho

Fuente: Figura tomada de (Cosinga Pérez and Gómez Del Águila, 2017)

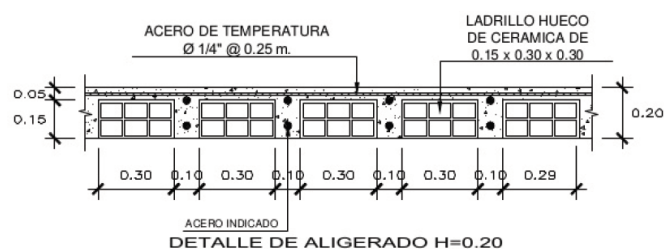


Figura 2.22: Dimensiones de losas aligeradas con rellenos permanentes.

### 2.5.1 Diseño de una losa Aligerada Unidireccional

#### 2.5.1.1 Pre dimensionamiento

La regla práctica para determinar el espesor de la losa es dividir la mayor longitud de luz libre entre 25. Este espesor considera los 5 cm de concreto que se coloca por encima del ladrillo más la altura del ladrillo. (Alvarado Barzola, 2006)

$$h \geq \frac{ln}{25}, (h = m)$$

Con lo comentado anteriormente se puede ver en la tabla el espesor en función a la luz a cubrir

**Fuente:** Figura tomada de (Abanto Castillo, 2007)

LUZ	ESPESOR DE LOSA	LADRILLO
4m	17 cm	12cm
5m	20cm	15cm
6m	25cm	20cm
7m	30cm	25cm

**Tabla 2.6:** Espesor de la losa aligerada en función a luz a cubrir

### 2.5.1.2 Control de Deflexiones

Los peraltes o espesores mínimos para no verificar deflexiones, que se señalan en la Tabla pueden utilizarse como referencia en elementos armados en una dirección (aligerados, losas macizas y vigas) que no soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de dañarse por deflexiones excesivas del elemento estructural. Estos límites pueden obviarse si el cálculo de las deflexiones demuestra que es posible utilizar un espesor menor sin provocar efectos adversos. (Ministerio de Vivienda, 2014)

**Fuente:** Tabla Norma E060 tomada de (Ministerio de Vivienda, 2014)

	Espesor o peralte mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

**Tabla 2.7:** Peraltes o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.

### 2.5.1.3 Deflexiones máximas admisible calculada

Los miembros de concreto reforzado sometidos a flexión deben diseñarse para que tengan una rigidez adecuada con el fin de limitar cualquier deflexión o deformación que pudiese afectar adversamente la resistencia o el funcionamiento de la estructura.(318, 2015)

**Fuente:** Tabla ACI 2014 tomada de *Tabla 24.2.2*(Ministerio de Vivienda, 2014)

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Techos planos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	$l/180^*$
Pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	$l/360$
Pisos o techos que soporten o estén 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)†	$l/480 ‡$
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240 §$

**Tabla 2.8:** Deflexión máxima admisible calculada.

### 2.5.2 Cargas de Diseño según RNE Norma E-020

SegunMinisterio de Vivienda (2014), Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su Norma de diseño específica.

En ningún caso las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma.

#### 2.5.2.1 Cargas muertas

Se considerará el peso real de los materiales que conforman y los que deberán soportar la edificación, calcula calculados en base a los pesos unitarios que aparecen en el *Anexo 1* de las de la norma E-020, pudiéndose emplear pesos unitarios menores cuando se justifiquen debidamente.El peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes.

### 2.5.2.2 Cargas vivas

Se usará como mínimo los valores que se establecen en la Tabla 2.9, para los diferentes tipos de ocupación o uso, valores que incluyen un margen para condiciones ordinarias de impacto. Su conformidad se verificará de acuerdo a las disposiciones en Artículo 6 (6.4) de la norma.

**Fuente:** Tabla Norma e-020 tomada de (Ministerio de Vivienda, 2014)

<b>Tiendas</b>	5,0 (500) Ver 6.4
Corredores y escaleras	5,0 (500)
<b>Viviendas</b>	2,0 (200)
Corredores y escaleras	2,0 (200)

(\*) Estas cargas no incluyen la posible tabiquería móvil

**Tabla 2.9:** Carga Viva para viviendas

### 2.5.2.3 Tabiquería móvil

El peso de los tabiques móviles se incluirá como carga viva equivalente uniformemente repartida por metro cuadrado, con un mínimo de 0,50 kPa ( $50 \text{ kgf}/\text{m}^2$ ), para divisiones livianas móviles de media altura y de 1,0 kPa ( $100 \text{ kgf}/\text{m}^2$ ) para divisiones livianas móviles de altura completa.

### 2.5.3 Requisitos de Resistencia y Servicio

Segun Ministerio de Vivienda (2014).Las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño ( $\phi R_n$ ) por lo menos iguales a las resistencias requeridas ( $R_u$ ), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi R_n \geq R_u$$

Según las norma NTE E-060, la resistencia requerida mínima para CM y CV será como minimo:

$$U = 1,4CM + 1,7CV$$

## 2.5.4 Resistencia de concreto a flexión

Según, (Gómez de la Torre, 2002), para la determinación del momento resistente de una sección rectangular es preciso verificar, inicialmente, si el refuerzo alcanza o no el esfuerzo de fluencia. Dependiendo de la situación que se presente, se siguen procedimientos diferentes. La formulación usada en ambos casos es la misma. La única diferencia entre ellos es que en el primero el esfuerzo en el acero se conoce y es igual a  $f_y$ , mientras que en el segundo es una incógnita.

Los elementos sometidos a flexión se diseñan para fallar por tensión pues es el tipo de colapso más conveniente dada la ductilidad que desarrolla. Por ello que el procedimiento de análisis que se presenta es el que corresponde a este caso.

### 2.5.4.1 Análisis de una sección rectangular con comportamiento dúctil

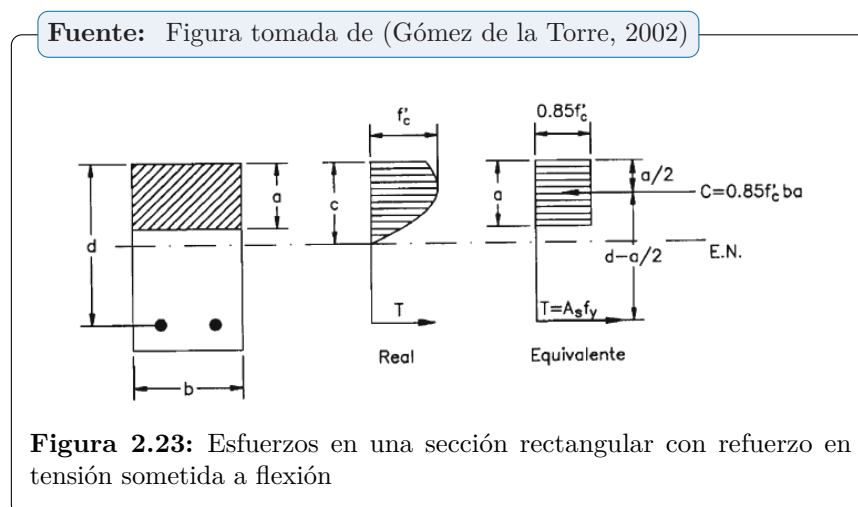
Partiendo de la distribución de esfuerzos mostrada en la figura 5.7 se establece la condición de equilibrio:

$$C = T$$

$$0,85f_cba = A_s f_y$$

Donde:

- a:** Altura del bloque rectangular de esfuerzos de compresión en el concreto. de compresión en el concreto.
- b:** Ancho de la sección de concreto.
- As:** Área de refuerzo en tensión de la sección.



Se define índice de refuerzo como:

$$w = \frac{\rho f_y}{f_c}$$

Cuantía de acero en tensión:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Finalmente el momento resistente nominal es:

$$Mn = b.d^2.w.f_c(1 - 0,59w)$$

#### **2.5.4.2** Determinación de la cuantía balanceada o cuantía básica

---

Las expresiones deducidas en la sección anterior son válidas siempre que el esfuerzo en el acero sea igual a su esfuerzo de fluencia. Ello se verifica siempre que la cuantía de la sección sea menor o igual que la cuantía básica. (Gómez de la Torre, 2002)

$$\rho_b = 0,75 \left( \frac{0,85 f_c \beta_1 c_b}{f_y d} \right)$$

#### **2.5.4.3** Cuantía mínima de refuerzo

---

En algunas ocasiones, ya sea por razones arquitectónicas o funcionales, se emplea elementos cuyas secciones tienen dimensiones mayores que las requeridas para resistir las cargas que les son aplicadas. Las cuantías de refuerzo disminuyen propiciando que el momento crítico sea superior a la resistencia nominal de la sección. En estos casos, la falla se presenta al superar el momento crítico y es súbita y frágil. Para evitarla, es conveniente definir una cuantía mínima de acero que garantice que el momento crítico de la sección sea superior a su momento resistente.

El código del ACI (ACI 10.5.1) recomienda un refuerzo mínimo igual a:

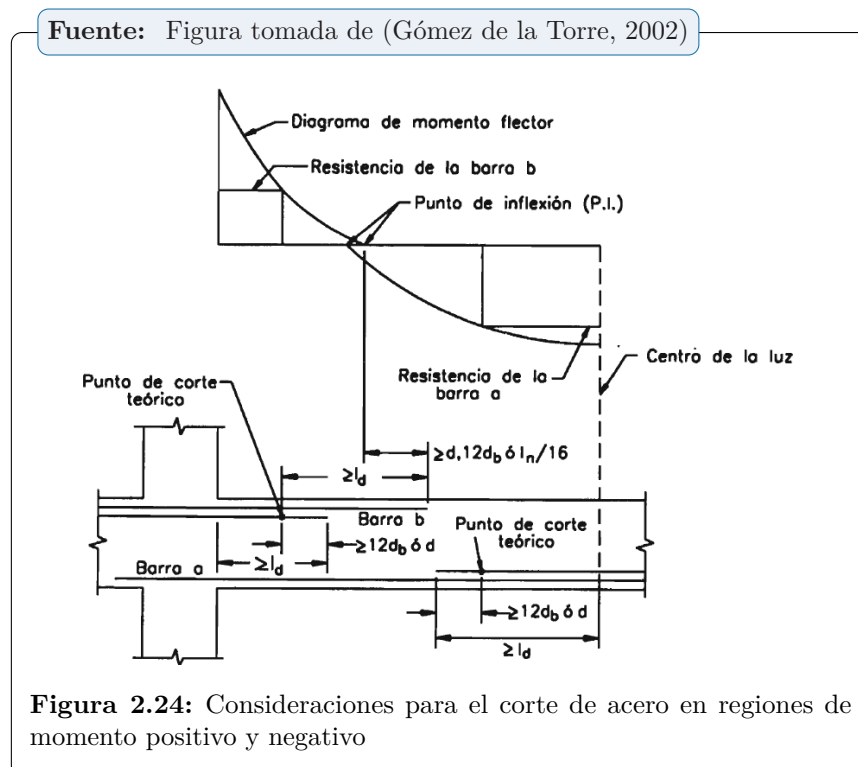
$$A_{s \text{ mín}} = 0,8 \sqrt{f_c} b_w \frac{d}{f_y}$$

pero no deberá ser menor que:

$$A_{s \text{ mín}} \geq 14,1 b_w x \frac{d}{f_y}$$

### 2.5.5 Corte del refuerzo y desarrollo del refuerzo longitudinal

Segun (Gómez de la Torre, 2002).A lo largo de los elementos sometidos a flexión,el momento actuante varía. En un elemento simplemente apoyado sometido a carga repartida uniforme, se incrementa desde los apoyos hacia el centro de la luz. El esfuerzo necesario para resistir las solicitaciones externas es mayor en la sección central que en la del extremo. Por ello, no tiene sentido colocar el mismo número de varillas a todo .lo largo del elemento, sino sólo donde éste es requerido.



### 2.5.6 Diseño de elementos prismáticos

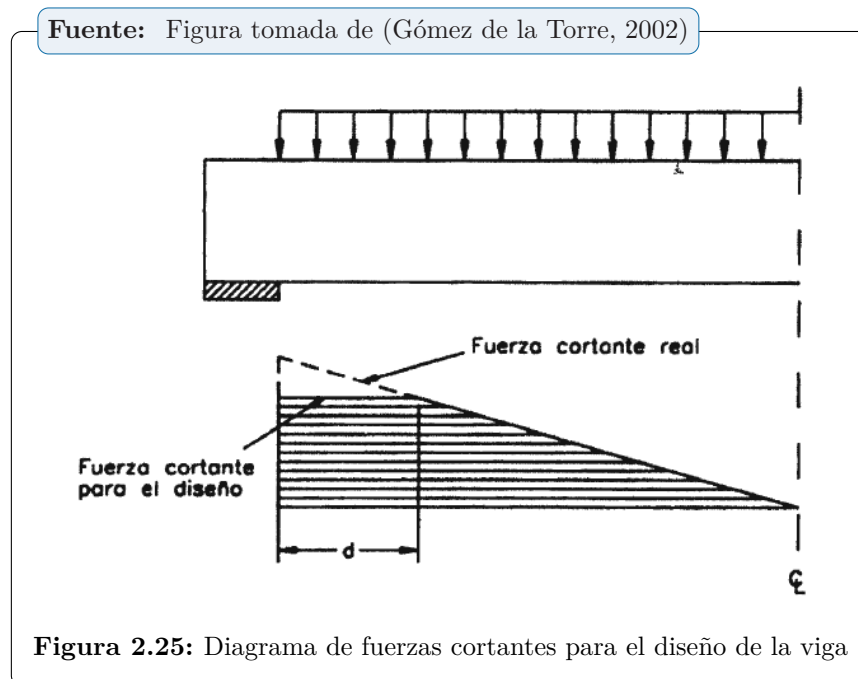
Segun (Gómez de la Torre, 2002),la resistencia nominal al corte en una sección cualquiera, será la suma de las resistencias aportadas por el concreto y por el refuerzo:

$$V_n = V_c + V_s$$

En todas las secciones deberá cumplirse:

$$V_u \leq \phi V_n$$

Si la reacción del apoyo induce compresión en el elemento, si las cargas están aplicadas en la parte superior de la viga y no hay cargas concentradas entre la cara del apoyo y una sección ubicada a  $d$  de ella, entonces las secciones situadas en éste tramo se diseñarán para un cortante último igual al correspondiente a la sección ubicada a  $d$  del apoyo. Esta sección se denomina sección crítica y es la que se encuentra sometida al mayor cortante de diseño del elemento. En la figura 6.8 se muestra gráficamente la implicancia de esta consideración.



### 2.5.6.1 Resistencia del concreto a la fuerza cortante ( $V_c$ )

El código del ACI sugiere una expresión simplificada para la determinación de  $V_c$ :

$$V_c = 0,53\sqrt{f_c}.b_w d$$

### 2.5.6.2 Requerimientos mínimos de refuerzo

La falla por corte es frágil y debe ser evitada siempre. Por ello, el código recomienda colocar una cantidad mínima de refuerzo transversal para brindar mayor seguridad al diseño y para garantizar que el elemento sea capaz de resistir los esfuerzos que se presentan después de producirse el agrietamiento diagonal. El refuerzo mínimo sugerido por el código debe colocarse es igual a:

$$A_v \text{ mín} = 0,2\sqrt{f_c} \frac{b_w s}{f_y}$$

Pero no será menor que:

$$A_v = 3,5 \frac{b_w s}{f_y}$$

$s$ : Separación de refuerzo transversal,

$A_v$ : Área de acero transversal provisto para resistir corte.

*“La vida no es la que uno vivió, sino lo que uno recuerda para contarla”*

— Gabriel García Márquez

Capítulo

# 3

## MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

---

### 3.1 Enfoque

---

La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema. Los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son, hasta ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimientos. (Hernández Sampieri, 2014)

Para la presente investigación seguiremos los pasos del **Enfoque Cuantitativo**.

### 3.2 Alcance

---

Esta reflexión es importante, pues del alcance del estudio depende la estrategia de investigación. Así, el diseño, los procedimientos y otros componentes del proceso serán distintos en estudios con alcance exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. Pero en la práctica, cualquier investigación puede incluir elementos de más de uno de estos cuatro alcances. (Hernández Sampieri, 2014)

La presente investigación Tiene alcance **Exploratorio y Descriptivo**.

### 3.3 Diseño de la investigación

---

El diseño que se elige para la presente investigación es *No Experimental* en el que se observa y relaciona las variables de vacíos esféricos en losas aligeradas respecto a su grado de aplicabilidad y optimización de recursos.

Por lo tanto el diseño es: **Transversal** con alcance *exploratorio Descriptivo*.

## 3.4 Población y muestra

---

### 3.4.1 Población

---

Sistema de losa aligerada con vacíos esféricos y losas aligeradas en una dirección en viviendas comunes en la localidad de Ayacucho.

### 3.4.2 Muestra

---

Según las características de la investigación que se plantea se toma *muestras no probabilísticas* según el objetivo de la investigación y son:

viviendas comunes de material noble que tenga losas aligeradas de concreto en Ayacucho, losas aligeradas Bubble Deck y losas aligeradas en una dirección con ladrillo de arcilla.

## 3.5 Hipótesis

---

Para la presente investigación se tiene hipótesis de investigación del tipo *Causalidad*.

### 3.5.1 Hipótesis Generales.

---

Si generamos vacíos en forma de esfera dentro del concreto en losas aligeradas; entonces mejoramos su resistencia reduciendo la cantidad de material.

### 3.5.2 Hipótesis Específicas.

---

- a. Si generamos vacíos en forma de esfera dentro del concreto en losas aligeradas; entonces mejoramos su resistencia reduciendo la cantidad de material.
- b. Si los vacíos forman una especie de cúpula en concreto el comportamiento estructural de la losa a y compresión sera mejor.

- c. Si implementamos este diseño de vacíos entonces que tan aplicable podría resultar en las losas aligeradas para vivienda.

### 3.6 Operacionalización de variables.

Definimos nuestras variables en las tablas 3.1 y 3.2.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Variables independientes					
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida
Losas aligeradas con vacíos esféricos	Se trata de un diseño innovador de losa aligerada, con las características de tener vacíos esféricos en su interior que no afectan su resistencia. Este diseño es sustentable debido a que reduce la cantidad de concreto en las edificaciones.	Este diseño lo podemos aplicar en la construcción de losas en viviendas comunes en Ayacucho Perú.	Reducción en volumen de Concreto	Vacíos generados	(m3)
			Aplicabilidad	Costo	s/.

**Tabla 3.1:** Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Variables dependientes					
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida
Optimización de Concreto en losas aligeradas	La optimización de concreto consiste en usar menos de este recurso, pero obteniendo la misma resistencia y funcionalidad de una losa una losa aligerada.	Para determinar la optimización de concreto se realiza una comparación con una losa aligerada unidireccional con ladrillo de arcilla.	Volumen de Concreto en losa con vacíos esféricos	Vacíos generados	Optimización de concreto (m3)
			Volumen de concreto en losa aligerada Unidireccional	Cantidad de Concreto	(m3)
			Cantidad acero	Diseño	Kg

**Tabla 3.2:** Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional.

### 3.7 Técnicas e instrumentos

Las técnicas que se usaron para la investigación son *análisis documental y entrevistas*; en su mayoría el primero. Se revisó las publicaciones de artículos y tesis relacionados al tema

de Bubble Deck y optimización en losas aligeradas. Las fuentes consultadas fueron en su mayoría tesis a nivel nacional e internacional.

Los instrumentos utilizados para alcanzar las metas de los objetivos de la investigación fueron:

1. Sistema Operativo Windows 10
2. Software de diseño y cálculos
  - ☞ Autocad 2017
  - ☞ Sap2000 V20
  - ☞ Etabs 2016
  - ☞ Cype 2018
  - ☞ Excel 2016
3. Edición de informe de investigación L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X
  - ☞ MiKteX 2.9
  - ☞ T<sub>E</sub>Xmaker
  - ☞ MathType

## 3.8 Diseño de una losa con vacíos esféricos

---

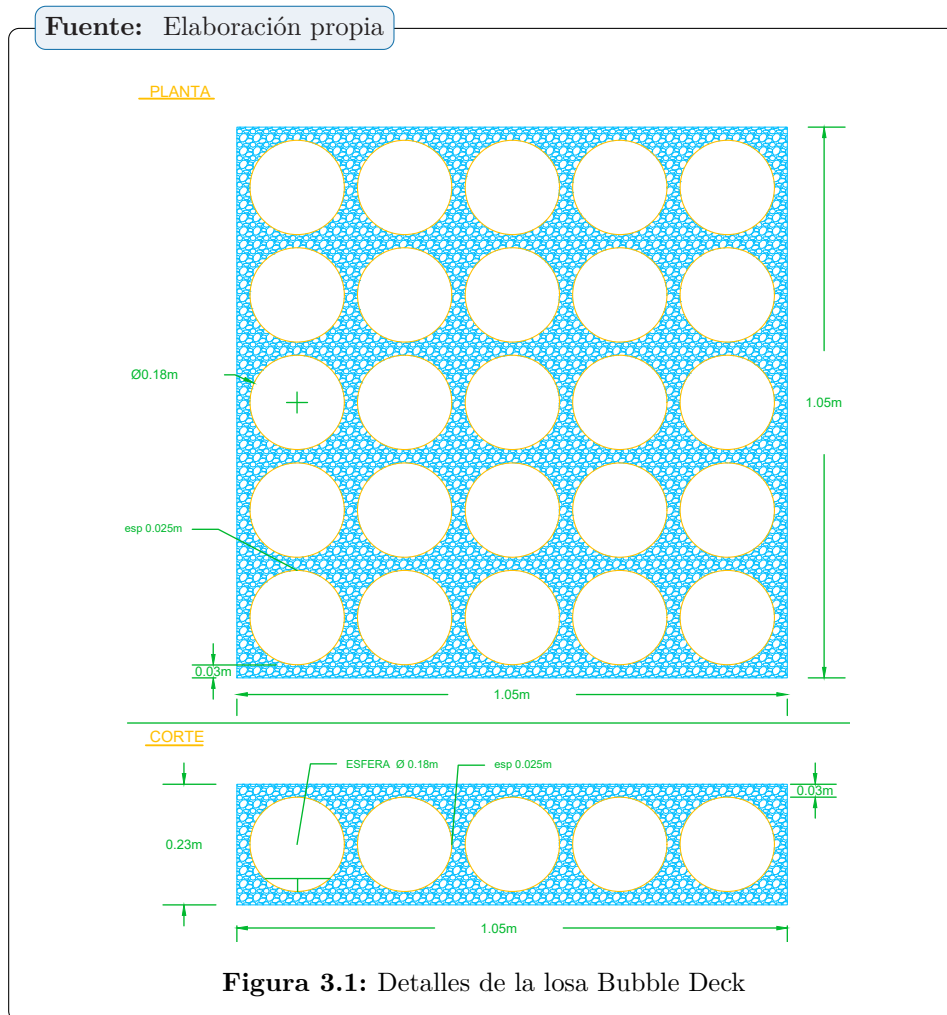
### 3.8.1 Idealización de una losa Bubble Deck

---

Para realizar el diseño estructural de una losa con vacíos esféricos, nos apoyaremos en los experimentos realizados en la sección 2 en el que se menciona que la losa Bubble Deck tiene una característica muy similar a una losa maciza con comportamiento bidireccional; de acuerdo a las siguientes características.

- ☞ En términos de resistencia a la flexión, los momentos resistentes son los mismos que para la losa sólida.
- ☞ La relación *diámetro a espesor* debe estar en el rango de  $(0.01-0.64)$  para mantener las capacidades de resistencia.
- ☞ En losas, la profundidad del concreto comprimido es generalmente una pequeña proporción de la profundidad de la losa y esto significa que casi siempre involucra solo el concreto entre la losa y la superficie.

- ☛ La resistencia al corte es de 0.6 veces la resistencia al corte de la losa maciza.



### 3.8.2 Modelo en software de estructuras

Para poder ver el comportamiento estructural de la losa con vacíos esféricos realizamos, un modelo de losa maciza bidireccional, usando un software de diseño estructural.

- ☛ Una losa bubble Deck, esta formado por tres elementos: El concreto, el acero y las burbujas o esferas HDPE. Mencionamos las propiedades de estos materiales.

**Fuente:** Elaboración propia, adaptado de (Amaya A. and Galindo B., 2015)

MATERIA		
Concreto	f'c	280 kgf/cm <sup>2</sup>
	Peso específico	2400 kgf/m <sup>3</sup>
	Módulo de elasticidad E	252671 kgf/cm <sup>2</sup>
	Módulo de Poisson	0.2
Acero de refuerzo	Fy	4200 kgf/cm <sup>2</sup>
	Módulo de elasticidad E	2030000 kgf/m <sup>2</sup>
	Módulo de Poisson	0.30
Poliétileno de alta densidad	Peso específico	4200 kgf/cm <sup>3</sup>
	Módulo de elasticidad E	10200 kgf/cm <sup>2</sup>
	Módulo de Poisson	0.46

**Tabla 3.3:** Propiedades de material *Concreto y acero*

☞ Asignación de propiedades en el programa.

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.2:** Asignación de propiedades en el programa sap2000

☞ Para modelar la losa en el programa, seleccionamos el elemento *Shell Thin*; ya que es el el modelo más adecuado para modelar la losa debido a que este elemento resiste a fuerzas perpendiculares al plano y momentos flectores.

Fuente: Elaboración propia

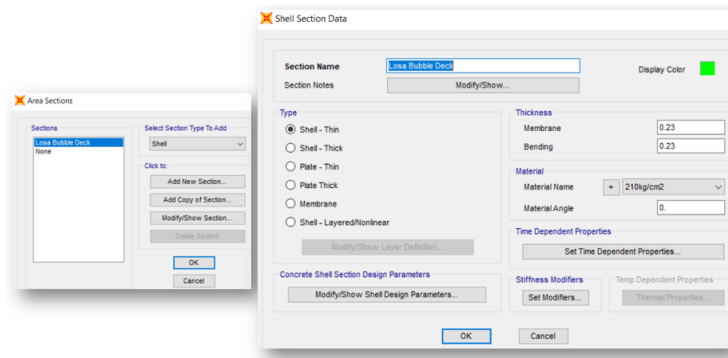


Figura 3.3: Selección del modelo área

- ☞ Para ver su comportamiento modelamos la losa en un nivel apoyada en vigas y estas en columnas. Las columnas son predimensionadas igual que las vigas; para una luz de  $6m \times 6m$ .

Fuente: Elaboración propia

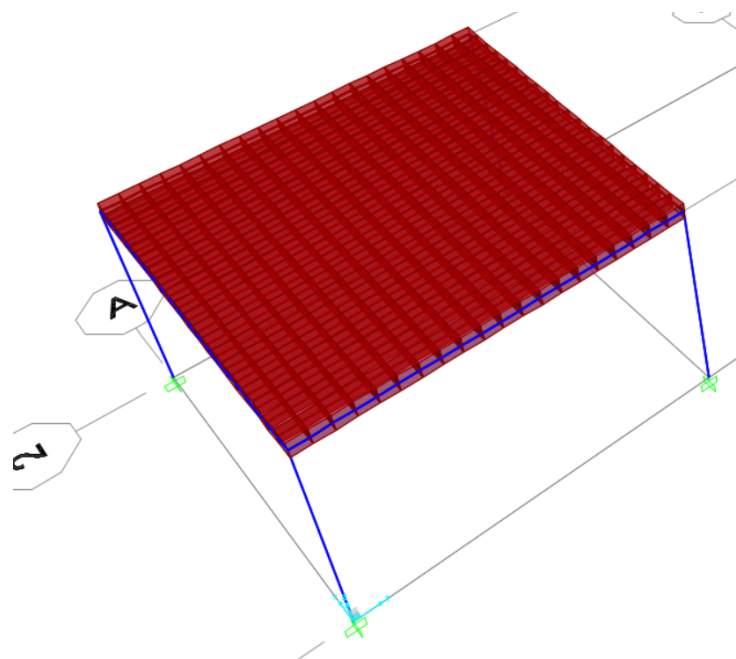


Figura 3.4: Modelo de losa

- ☞ Asignamos las cargas de la losa.

**Peso propio** El peso propio de la losa BD es de  $373.78kg/m^2$ , a partir del metrado, que se muestra en la tabla.

**Fuente:** Elaboración propia

Peso de la losa Bubble Deck por 1m2			
Materiales	Cantidad (m3/und)	Peso Específico (kgf)	Total (kf/m2)
Peso del concreto	0.154	2400	368.782
Peso de las esferas HDPE	25	0.2	5
			373.782

**Tabla 3.4:** Peso propio de la losa Bubble Deck

**Carga muerta** Es de  $310\text{kg}/\text{m}^2$ . Según el metrado de carga.

- Piso Terminado:  $100\text{kg}/\text{m}^2$
- Tabiquería móvil:  $210\text{kg}/\text{m}^2$

**Carga viva** Es de  $200\text{kg}/\text{m}^2$ . Según el metrado de carga.

- Sobrecarga (Para vivienda):  $200\text{kg}/\text{m}^2$

**Carga última** Según la norma E-060 los elementos deberán diseñarse en todas sus secciones resistencia de diseño ( $\phi R_n$ ) por lo menos iguales a las resistencias requeridas ( $R_u$ ), calculadas para las cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan. Debe cumplirse:

$$\phi R_n \geq R_u$$

La resistencia requerida mínima para CM y CV será como mínimo:

$$U = 1,4CM + 1,7CV$$

Remplazando los datos de las cargas para la losa:

$$U = 1,4((310 + 373,78)) + 1,7(200)$$

$$U = 1297,29\text{kg}/\text{m}^2$$

☞ Asignamos las cargas en el Sap2000.

Fuente: Elaboración propia

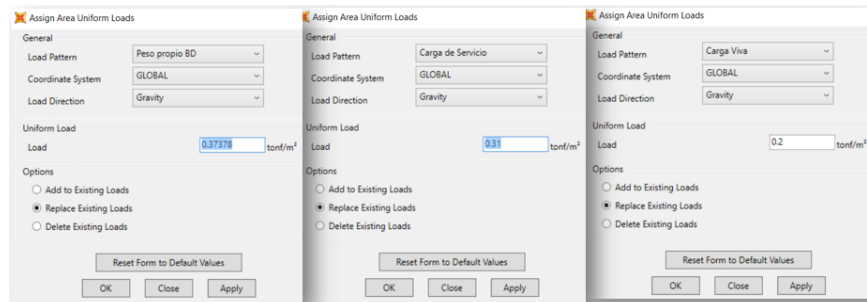


Figura 3.5: Asignación de cargas en Sap2000

### 3.8.3 Comportamiento de la losa BubbleDeck

Se observa el comportamiento de la losa BubbleDeck, luego de asignar las cargas al elemento de área con el que se esta modelando.

**Distribución de fuerzas** En la figura 3.6 se observa las fuerzas de flexión en la losa (Para la combinación de carga).

Fuente: Elaboración propia

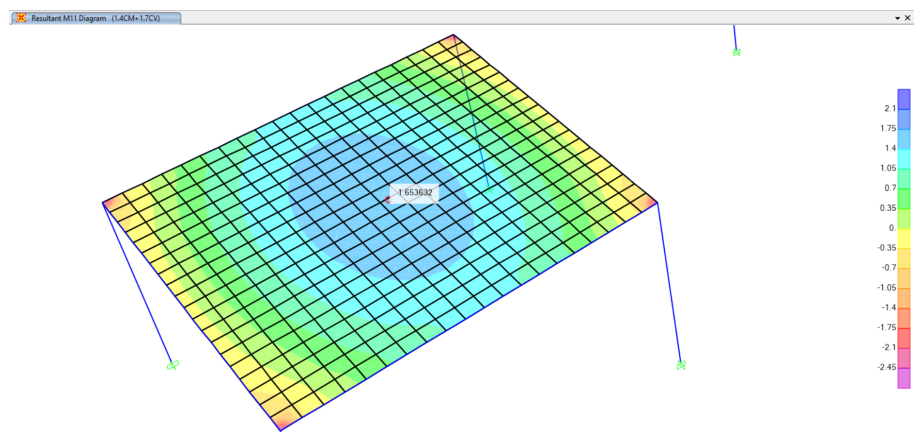


Figura 3.6: Momentos en la dirección M11 en Sap2000

Fuente: Elaboración propia

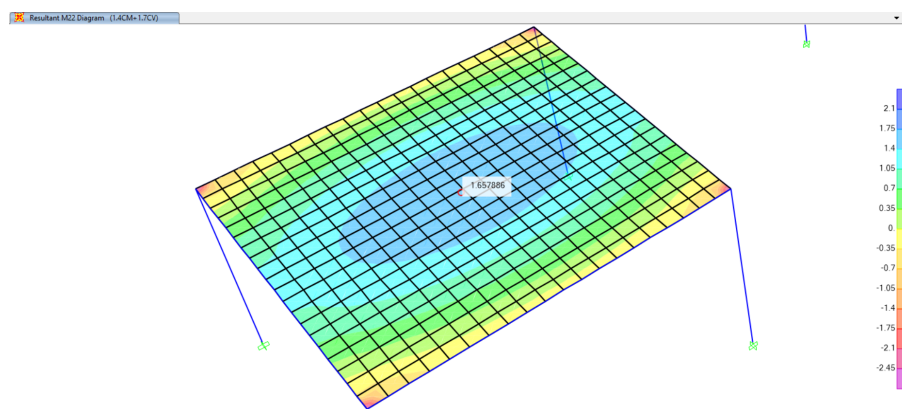


Figura 3.7: Momentos en la dirección M22 en Sap2000

**Distribución de fuerzas hacia las Vigas** En la figura 3.8 se se muestra la distribución de las fuerzas hacia las vigas de contorno. Se observa que los momentos en las vigas son similares esto es es debido al comportamiento bidireccional de la losa.

Fuente: Elaboración propia

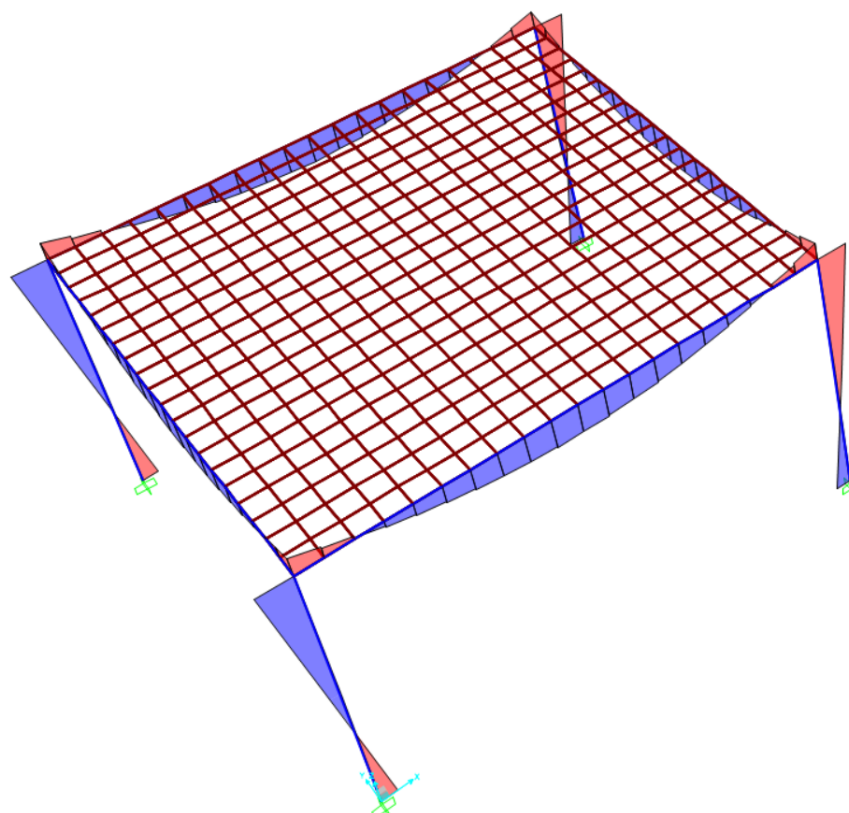


Figura 3.8: Momentos en las vigas de contorno en Sap2000

**Deflexiones en en la losa** En la figura 3.9 se se muestra la deflexión máxima en la losa, que ocurre en el centro.

Fuente: Elaboración propia

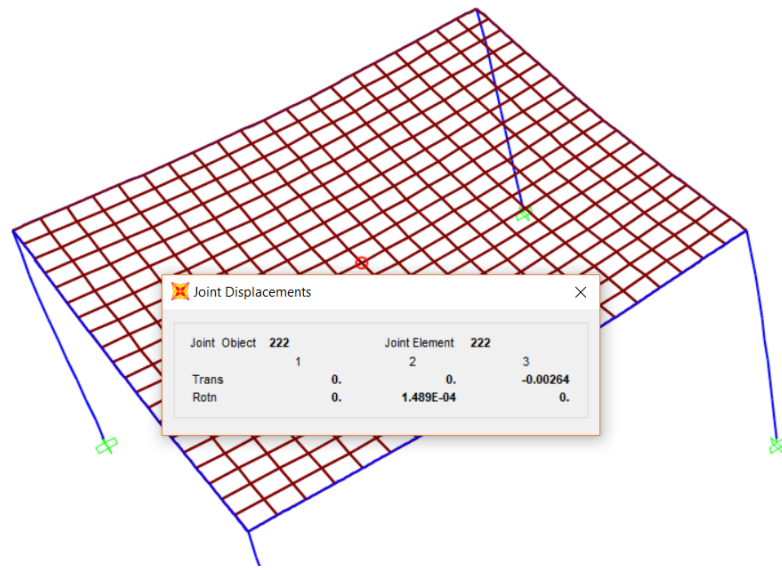


Figura 3.9: Deflexiones en la losa en Sap2000

### 3.8.4 Diseño de acero en la losa

Para diseñar el acero en la losa, usaremos la carga última de diseño según la norma E 060.

**Momento máximo** El momento máximo se encuentra en el centro de la losa y es de  $0.41ton.m$ . Como se muestra en la figura.

Fuente: Elaboración propia

Area	AreaElem	ShellType	Joint	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	Promedio
234	234	Shell-Thin	264	1.4CM+1.7CV Combination		1.64373	1.656	-0.00099	
234	234	Shell-Thin	285	1.4CM+1.7CV Combination		1.58884	1.63792	-0.00197	1.641
234	234	Shell-Thin	286	1.4CM+1.7CV Combination		1.58282	1.61962	-0.00493	
234	234	Shell-Thin	265	1.4CM+1.7CV Combination		1.6377	1.63771	-0.00395	
									Mu= 0.41018 Tonf.m

Figura 3.10: Momento Máximo en la losa  $Tonf.m$

**Determinamos el área de acero.** Determinamos de acuerdo a las siguientes ecuaciones de diseño del concreto armado.

Definimos los datos a usar como: El momento, el ancho de diseño y peralte:

$$M_u = 0,41 \text{ ton.f.m} = 41000 \text{ kgf.m}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = (23 - 2,5) \text{ cm} = 20,5 \text{ cm}$$

Usamos las ecuaciones de diseño:

$$M_n = b.d^2.w.f_c(1 - 0,59w)$$

$$41000 = (25)(20,5)^2w(280)(1 - 0,59w)$$

Determinamos el valor de índice de refuerzo  $w$ :

$$w = 1,681$$

Determinamos la cuantía  $\rho$ :

$$w = \frac{\rho f_y}{f_c}$$

$$\rho = 0,0009$$

Determinamos la cuantía balanceada, y se verifica que debe ser menor a  $0,75\rho$ . Observamos que cumple.

$$\rho_b = 0,75 \left( \frac{0,85 f_c \beta_1 c_b}{f_y d} \right) = 0,0214$$

$$\rho \leq \rho_b$$

Determinamos el área de acero:

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$A_s = \rho bd = (0,0009)(25)(20,5) = 0,48 \text{ cm}^2$$

Verificamos el área de acero mínima. Para losas macizas el acero mínimo puede ser considerado el acero de temperatura. Para este caso se observa que es menor que el acero mínimo entonces nuestro acero es  $1,04 \text{ cm}^2$

$$A_{s \text{ mín}} = 14,1 b_w x \frac{d}{f_y} = 1,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0,8 \sqrt{f_c} b_w \frac{d}{f_y} = 1,63 \text{ cm}^2$$

$$A_{temp} = 0,0018 bh = 1,04 \text{ cm}^2$$

**Espaciamiento de acero** Será en función al área de acero requerida y el tipo de acero a usar. Para este caso usamos acero N 4 ( $\phi 1/2$ ). Para una sección de ancho 25cm usamos una varilla de acero.

$$\frac{A_s}{A_{As=\phi 1/2}} = \frac{1,04}{1,267} = 0,82 \simeq 1 \text{ varilla} \rightarrow 1\phi \frac{1}{2} @ 25\text{cm}$$

**Verificación del ancho en compresión  $a$ .** La profundidad comprimida de concreto no debe superar 2.5cm; ya que es el altura de concreto entre la esfera y el concreto. Por lo que se debe verificar la profundidad  $a$ ; que es menor y cumple.

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c b}$$

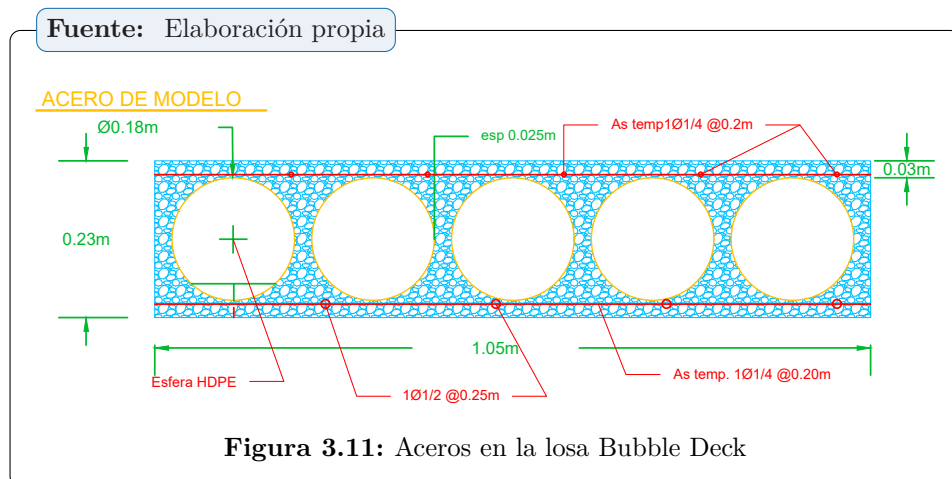
$$a = \frac{(0,48)(4200)}{0,85(280)(25)} = 0,34\text{cm}$$

$$a = \frac{(1,04)(4200)}{0,85(280)(25)} = 0,73\text{cm}$$

**Acero por temperatura** Basándonos en la norma E.060 (Sección 9.7) el cual establece un factor de 0.0018 para losas que utilizan barras corrugadas y con fluencia de 4200 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo nuestra losa de 23cm, entonces tendremos que:

$$A_{temp} = 0,0018bh = 0,0018 (100) (23) = 4,14\text{cm}^2$$

$$\frac{A_s}{A_{As=\phi 1/4}} = \frac{4,14}{0,317} = 13,06 \simeq 13 \text{ varilla} \rightarrow 1\phi \frac{1}{4} @ 20\text{cm}$$



### 3.9 Aplicación en losa de entrepiso de una vivienda

El sistema losa Bubble Deck, como se menciona en el capítulo 3, tiene como una de sus características la de abarcar luces grandes por lo que reduce el uso de columnas interiores y permite obtener una losa de entrepiso de un mismo espesor constante; esto trae como

resultado la reducción de elementos estructurales y por ende la disminución de concreto. Por lo mencionado analizaremos el caso de una losa de vivienda con luces grandes para poder generalizar el caso de la aplicabilidad del sistema de losa Bubble Deck frente al diseño tradicional con losa unidireccional con ladrillo de arcilla.

Con el objetivo de poder observar y comparar el sistema de losa con vacíos esféricos, se diseñara una losa de  $6 \times 6m$  en la que realizara el pre dimensionamiento de elementos estructurales que componen todo el sistema de losa de entrepiso; considerando una losa unidireccional con ladrillo de arcilla y con el sistema de losa con vacíos esféricos *BD*.

### 3.9.1 Características de la Estructura

Se plantea una losa de entrepiso de vivienda unifamiliar de 3 niveles en el que se evaluará la losa en función a la aplicación de losa aligerada uni direccional **vs** losa con incorporación de vacíos esféricos y aplicando el sistema Bubble Deck.

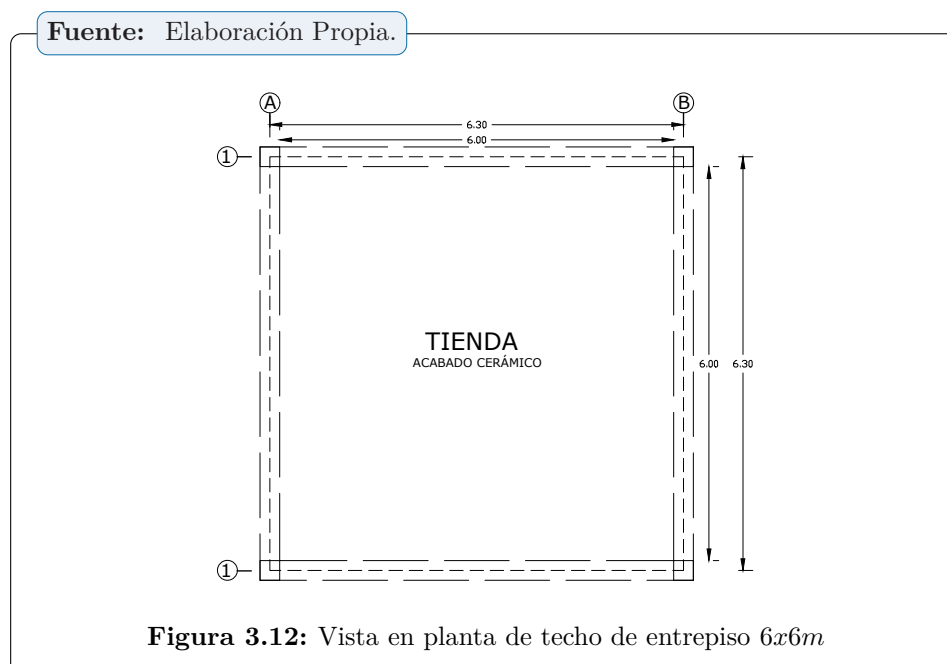
La edificación se diseño bajo el sistema de estructuración normal con un diseño de losa uni direccional. Las características generales de la edificación las mencionamos.

**Zonificación:** Zona 3 (EL proyecto se encuentra en Ayacucho - Cangallo).

**Categoría de la edificación:** Categoría **C** Edificación Común **vivienda**.

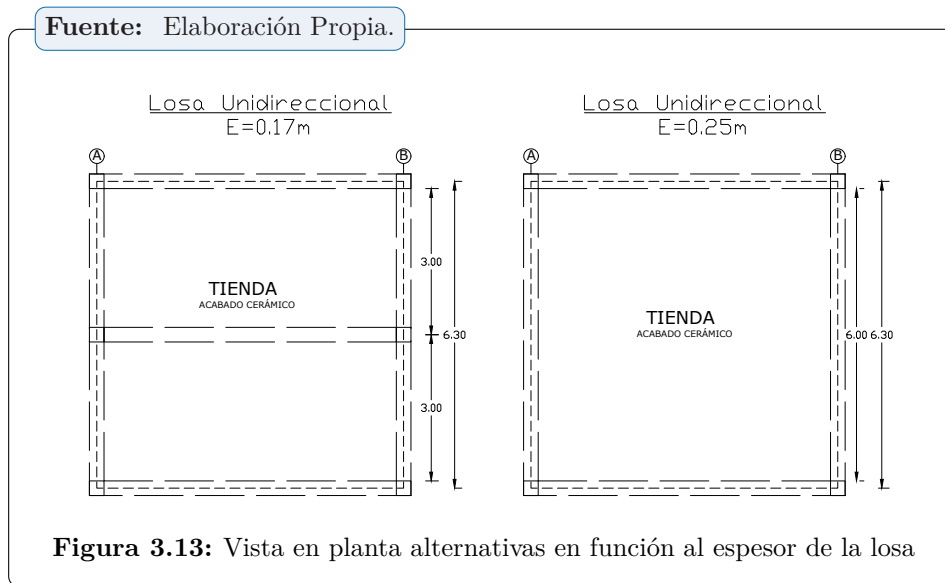
**Sistema Estructural:** Dual, Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales.

En la figura 3.12 se muestra el plano de planta de techo:



### 3.9.2 Alternativas con losa Aligerada Unidireccional

Para cubrir el techo de entrepiso podemos usar diferentes espesores de losa aligerada unidireccional ya que esta está en función a la luz a cubrir como se muestra en el figura 3.13. Por lo que podemos plantear cubrir el techo con aligerado de espesores de :  $0.17m$  y  $0.25m$ .



Se observa que si planteamos el espesor  $e = 0,15m$ , tendremos 1 vigas interior (Vigas peraltada), si planteamos  $e = 0,25m$  cubriremos toda la losa, reduciendo a la vez el uso de más vigas y columnas.

Para el presente trabajo de investigación se hará la comparación de la losa unidireccional  $e = 0,25m$  frente al sistema Bubble Deck losa con vacíos esféricos. La aplicación se realiza considerando reducir cantidad de concreto y el uso de más elementos estructurales.

También por cuestiones importantes como la arquitectura se evita el uso excesivo de vigas peraltadas interiores.

### 3.9.3 Pre dimensionamiento de losa aligerada uni direccional

La regla práctica para determinar el espesor de la losa es dividir la mayor longitud de luz libre entre 25. Este espesor considera los 5 cm de concreto que se coloca por encima del ladrillo más la altura del ladrillo. (Fuente Tesis Albarado).

$$h \geq \frac{l_n}{25}, (h = m)$$

Para nuestro caso tenemos una luz entre los ejes 1-2 de 6m y de la misma forma entre los ejes A-B de 6m, entonces:

$$h \geq \frac{6}{25}$$

$$h \geq 0,24$$

Entonces planteamos una losa de espesor de 0,25m; en la dirección A-B.

### 3.9.3.1 Control de deflexiones

Según la NTE 060 en su artículo 9.6.2.1 de la tabla 9.1 no se verifica deflexiones en losas aligeradas unidireccionales cuando se cumple que:

$$h \geq \frac{ln}{16} \rightarrow 25 \geq \frac{6}{16}$$

$$25 \geq 0,38$$

Entonces, si se verifican deflexiones.

### 3.9.3.2 Pre dimensionamiento de Vigas

Para predimensionar las vigas, por lo general, se considera como regla práctica usar un peralte del orden del décimo o doceavo de la mayor luz libre entre apoyos.

$$h = \left( \frac{1}{10} @ \frac{1}{12} \right) L$$

Para el ancho o base de la viga se debe considera una longitud mayor que 0,3m del peralte, sin que llegue a ser menor de 25cm. Se recomienda no tener un ancho mayor a 0.5 del peralte, debido a que el ancho es menos importante que el peralte para proporcionar inercia a la viga. (Alvarado Barzola, 2006).

El pre dimensionamiento se muestra en el siguiente cuadro:

**Fuente:** Tabla Elaboración Propia.

Eje	Vigas	L(m)	H(m)			B(cm)		Tipo de Viga	Control de peralte L/16	Cumple
			L/12	L/10	H elegido	0.5*H	B Elegido			
Eje X	V1X	6	0.50	0.60	0.5	0.25	0.25	Solera	0.38	ok
	V2X	6	0.50	0.60	0.5	0.25	0.25	Solera	0.38	ok
Eje Y	V1Y	6.00	0.50	0.60	0.5	0.25	0.25	Solera	0.38	ok
	V2Y	6	0.50	0.60	0.5	0.25	0.25	Solera	0.38	ok

**Tabla 3.5:** Cuadro de Pre dimensionamiento de Vigas

De los valores mostrados en la tabla se observa que se tiene vigas soleras de 0.25m x 0.50m

### 3.9.3.3 Control de deflexiones

---

La norma E-0.60 en su artículo 9.6 establece que para vigas continuas o que formen pórticos, si su peralte es mayor que  $L/16$  entonces no se verificará deflexiones, como nuestra luz máxima es 6m , entonces  $6/16 = 0.38$ , siendo nuestro peralte de 0.50m mayor a esa proporción, no será necesario verificar la deflexión en las vigas.

$$h \geq \frac{L}{16} \rightarrow 0,5 \geq \frac{6}{16}$$
$$0,5 \geq 0,38$$

Entonces nuestra viga soleras de  $0.25m \times 0.50m$ .

### 3.9.3.4 Pre dimensionamiento de Columnas

---

Las columnas al ser sometidas a cargas axiales y momento flector, tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos simultáneamente, tratando de evaluar cuál de los dos es el que gobierna en forma más influyente en dimensionamiento.

☞ Columnas centradas:

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0,45 (fc)}$$

☞ Columnas excéntricas y esquinadas:

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0,35 (fc)}$$

☞ Siendo:

$$A_{servicio} = P.A.N$$

- P: Peso estimado de acuerdo a la categoría estructural (kgf).
- A: Área Tributaria (m<sup>2</sup>)
- N: Número de pisos de la edificación (n).

Segun (Cisneros Ayala, 2017)."Para determinar el peso por área tributaria, aplicamos el peso estimado de acuerdo a la categoría de la estructura".

En la siguiente tabla 3.6 se muestra los pesos estimados. Para nuestro caso tenemos una vivienda familiar que pertenece a la categoría C. Segun la norma E-030.

**Fuente:** Manual de análisis y diseño con Etabs (Cisneros Ayala, 2017)

CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN	PESO ESTIMADO (kg/m <sup>2</sup> )
A	1500
B	1250
C	1000

**Tabla 3.6:** Peso estimado según categoría de estructura

Entonces de la tabla 3.6 para la estructura que planteamos tenemos un peso de  $1000\text{kg}/\text{m}^2$ , entonces determinamos el metrado de carga para cada columna. Los resultados del pre dimensionamiento se muestran en la siguiente tabla.

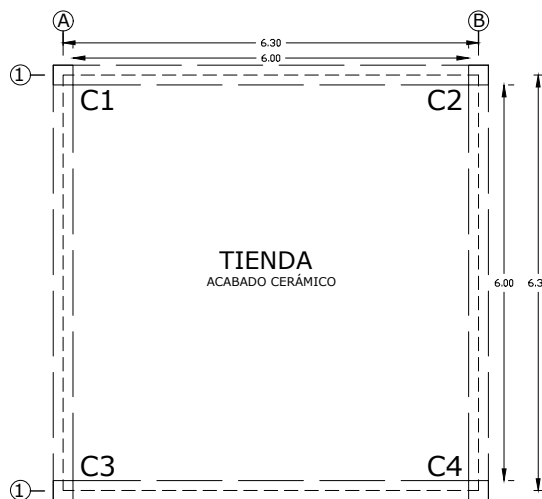
**Fuente:** propia

Columnas	Tipo	Número de pisos	Área Tributaria (m <sup>2</sup> )	Peso (Kgf/m <sup>2</sup> )	P servicio (Kgf)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	L	Sección
C-1	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40
C-2	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40
C-3	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40
C-4	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40

**Tabla 3.7:** Pre dimensionamiento de columnas

Para uniformar las columnas planteamos todas las columnas de  $40\text{x}40\text{cm}$ .

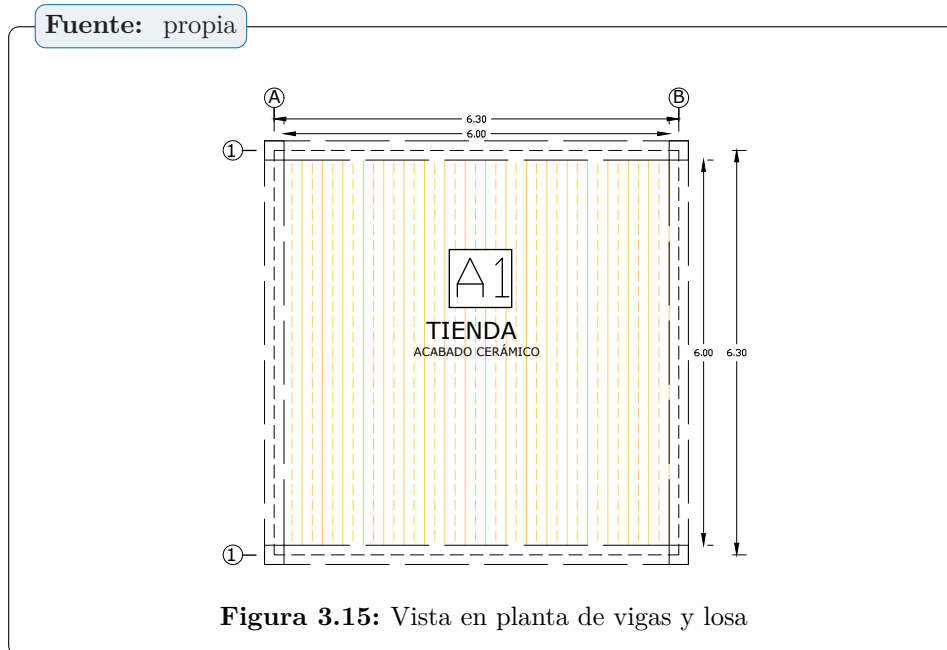
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.14:** Vista de ejes y columnas

**3.9.3.5** Metrado de concreto en la Losa Aligerada

Determinaremos la cantidad de concreto que entra en la losa aligerada uni direccional de espesor 0,25m con ladrillo de techo de arcilla; el volumen es calculado en  $m^3$  a partir de la figura 3.14.



A continuación en la tabla se muestra el metrado de la cantidad de concreto de la losa, según el plano de planta figura 3.15.

Fuente: propia

Losa Aligerada uni direccional con vigueta y ladrillo de techo (0.30x0.20)m					
Elementos	Cant. Viguetas	Altura	ancho	Largo	Vol (m3)
Viguetas en A1	15	0.2	0.1	6	1.80
Losa	1	0.05	6	6	1.8
Viga Solera x	2	0.5	0.3	6.6	2.0
Viga Solera y	2	0.5	0.3	6	1.8
Volumen Total ----->					<b>7.380</b>

**Tabla 3.8:** Cantidad de concreto en losa Uni direccional

Del metrado obtenemos un volumen de **7.38  $m^3$**  .

**3.9.4** Pre dimensionamiento de Losa con Vacíos Esféricos

**3.9.4.1** Pre dimensionamiento losa

Según lo analizado en (Díaz Veitía, 2017) "la losa con vacíos esférico Bubble Deck tiene una resistencia equivalente al de una losa maciza en dos direcciones".

Por lo cual para el pre dimensionamiento, lo aremos como si se tratase de una losa maciza en dos direcciones. EL *ACI* plantea a en la sección para losa en dos direcciones sin vigas interiores:

$$\frac{l_n}{33} = \frac{6}{33} = 0,18m$$

También para el pre dimensionamiento podemos aplicar la siguiente ecuación que se da en el libro de arquitectos de losas plantean la expresión siguiente:

$$\frac{l_m}{55}$$

donde  $l_m$  sería:

$$l_m = \frac{l_x + l_y}{2}$$
$$l_m = \frac{6m + 6m}{2} = 6m$$

Remplazando:

$$\frac{l_m}{55} = \frac{6}{55} = 0,11m$$

Observando los dos pre dimensionamientos consideramos un espesor de  $0,23m$ ; con el objetivo de poder aprovechar las losas planteadas por el sistema Bubble Deck (Panel BD 230).

#### **3.9.4.2** Pre-dimensionamiento de Vigas Interiores

---

No habrá necesidad de plantear vigas en el proyecto, debido a que la luz máxima de  $7.5m$  se puede cubrir con el sistema Bubble Deck panel BD 230.

#### **3.9.4.3** Pre-dimensionamiento de Vigas Chatas y Vigas Soleras

---

Para el presente proyecto no habrá vigas interiores ya que tenemos luz máxima de  $6m$  y el paneles Bubble Deck es del tipo BD230 puede cubrir dicha luz; solo tendremos vigas soleras de amarre en el contorno en el cual se apoya la losa Bubble Deck en su conjunto.

Por lo cual tenemos Vigas Solera en los ejes 1-1, 2-2, A-A y B-B ver figura.

Para el pre dimensionamiento se considera los datos obtenidos en el pre dimensionamiento de la losa unidireccional; entonces las vigas soleras en el eje 1-1, Eje 2-2 VS  $30 \times 50 \text{cm}$  y en Eje A-A, B-B se tiene VS  $30 \times 50 \text{cm}$ .

### 3.9.4.4 Pre-dimensionamiento de columnas

Para el pre dimensionamiento de columnas, se considera los parámetros mencionados anteriormente ver el pre dimensionamiento en Columnas.

☞ Columnas centradas:

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0,45 (f_c)}$$

☞ Columnas excéntricas y esquinadas:

$$A_{columna} = \frac{P_{servicio}}{0,35 (f_c)}$$

☞ Siendo:

$$A_{servicio} = P.A.N$$

- P: Peso estimado de acuerdo a la categoría estructural.
- A: Área Tributaria
- N: Número de pisos de la edificación.

Entonces para la estructura que planteamos tenemos un peso de  $1000 \text{kg/m}^2$  como se asumió en el calculo de losa aligerada unidireccional, entonces determinamos el metrado de carga para cada columna. Los resultados del pre dimensionamiento se muestran en la siguiente tabla.

Fuente: propia

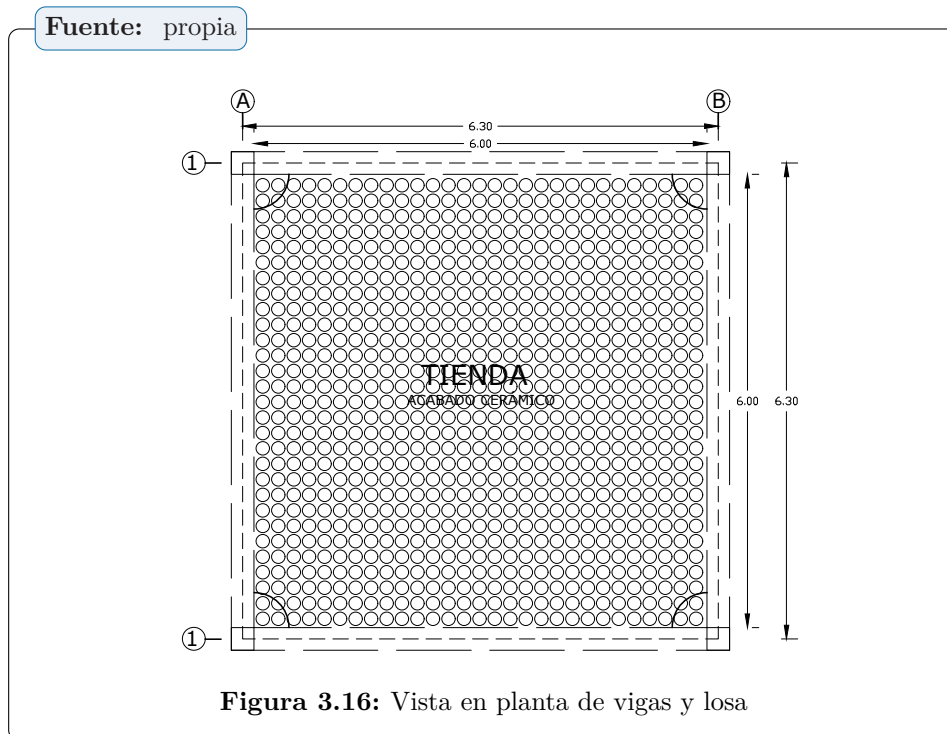
Columnas	Tipo	Número de pisos	Área Tributaria (m <sup>2</sup> )	Peso (Kgf/m <sup>2</sup> )	P servicio (Kgf)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Área (cm <sup>2</sup> )	L	Sección
C-1	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40
C-2	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40
C-3	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40
C-4	Esquinera	3	9.00	1000.00	27000.00	210	367.35	19.17	40x40

**Tabla 3.9:** Pre dimensionamiento de columnas

Para uniformar todas las columnas planteamos espesor de  $40 \times 40 \text{cm}$ .

**3.9.4.5** Medrado de concreto en la losa

De los datos en la tabla observados se puede obtener el volumen de concreto por  $m^2$  de losa a cubrir. Tenemos un panel de  $(3 \times 12)m^2$ . Entonces el volumen por área de losa sería:



$$m^3_{concreto}/m^2 = \frac{(3m \times 12m \times 0,23m) - (0,003 \times 840)}{3m \times 12m}$$

$$m^3_{concreto}/m^2 = \frac{(8,28m^3) - (2,75m^3)}{36m^2}$$

$$m^3_{concreto}/m^2 = 0,154$$

Tenemos el factor de concreto por  $m^2$  de losa Bubble Deck; entonces ahora determinamos la cantidad de concreto para la edificación que planteamos. Según el plano de planta figura 3.10. Tenemos un área de losa como se muestra en la siguiente tabla:

Fuente: propia

Losa Bubble Deck BD 230			
Concreto en Losa			Total de volumen (m3)
Área de Techo (m2)	Volumen de Concreto por (m2) en losa BD 230	Volmen de concreto (m3)	
36	0.154	5.532	5.532

Tabla 3.10: Concreto en vigas de losa Bubble Deck.

Para el cerramiento de las losas Bubble Deck usaremos vigas soleras perimetrales. El metrado del concreto se muestra en la tabla.

Fuente: propia

Losas Bubble Deck BD 230 Vigas de Borde					
Elementos	Cant. Viguetas	Altura	ancho	Largo	Vol (m3)
Viga Solera x	2	0.5	0.3	6.6	2.0
Viga Solera y	2	0.5	0.3	6	1.8
Volumen Total ----->>					3.780

**Tabla 3.11:** Resumen de concreto sistema Bubble Deck.

Total de concreto en la Losa usando el sistema Bubble Deck sería lo que muestra la tabla:

Fuente: propia

Losas Bubble Deck BD 230				
Concreto en Losa			Concreto en Vigas	Total de volumen (m3)
Área de Techo (m2)	Volumen de Concreto por (m2) en losa BD 230	Volmen de concreto (m3)	Volumen de Concreto en Vigas de Borde (m3)	
36	0.154	5.532	3.780	9.312

**Tabla 3.12:** Cantidad de concreto en losa Bubble Deck.

### 3.10 Comparación de cantidad de Concreto usado.

Calcularemos la cantidad de concreto que se usaría en ambas losas que planteamos, este primer cálculo será a nivel de pre dimensionamiento, por lo que representa un primer volumen de concreto.

Ahora podemos realizar la comparación de cantidad de concreto entre los dos sistemas de construcción de losas aligeradas (*Losa Uni direccional con ladrillo y el Sistema de Losa Bubble Deck*).

Comparación de concreto por nivel de piso:

$$Opti(m^3) = Losa_{BD} - Losa_{UD}$$

$$Opti(m^3) = 9,312 - 7,38$$

$$Opti(m^3) = 1,93$$

Cantidad de concreto por los 3 niveles de piso será:

$$n_{pisos} \times Optimización_{nivel} (m^3)$$
$$3 \times 1,93 = 5,79m^3$$

Observamos que para la losa de entrepiso que se presento en el plano de la figura 3.12 no hay reducción de concreto; en cambio hay un adicional en una cantidad de **1.93**  $m^3$  por cada nivel de piso; entonces este resultado nos dice que para una losa de techo de  $6 \times 6m$  de 3 niveles no hay reducción de concreto si planteamos el sistema BubbleDeck comparado con la losa unidireccional.

### 3.11 Diseño de las losas en Software de estructuras

---

Se analizara la losa unidireccional y la losa Bubble Deck con cargas estáticas para observar la: distribución de fuerzas, esfuerzos en las vigas de sostenimiento y las reflexiones en las losas.

Como un paso previo al ingreso de datos al programa definiremos las cargas que se aplican.

#### 3.11.1 Determinación de las Cargas

---

El metrado de cargas consiste en estimar las cargas verticales actuantes sobre los distintos elementos estructurales que componen la edificación . En una edificación se presentan dos tipos de cargas : estáticas y dinámicas , siendo las estáticas , las cargas permanentes o muertas las cuales actúan durante la vida útil de la estructura; y las cargas vivas o sobrecargas son cargas gravitacionales de carácter móvil que pueden actuar en diferentes tiempos en los ambientes de la estructura; las cargas dinámicas son aquellas cargas cuya magnitud, dirección y sentido varían rápidamente con el tiempo , por lo que originan esfuerzos y desplazamientos sobre la estructura.

Para el presente trabajo de investigación nos limitamos aplicarlo para cargas estáticas, debido a que estamos realizando un análisis solo de la losa a nivel de entrepiso y cuyos resultados serán aproximados y como referencia para el análisis general.

La norma de cargas **E.020** establece las cargas estáticas mínimas que se aplicaran sobre los elementos estructurales.

Definimos los pesos unitarios:

☞ Concreto armado:  $f_c = 2400kg/m^3$

☞ Albañilería solida King Kong:  $f_m = 1800kg/m^3$

☞ Albañilería hueca tubular Pandereta :  $f_m = 1350\text{kg}/\text{m}^3$

☞ Albañilería móvil pandereta por  $\text{m}^2$ :  $210\text{kg}/\text{m}^2$

Carga muerta por superficie:

☞ Aligerado en una dirección:  $h = 25\text{cm}$ ,  $350\text{kg}/\text{m}^2$

☞ Piso terminado:  $esp = 5\text{cm}$ ,  $100\text{kg}/\text{m}^2$

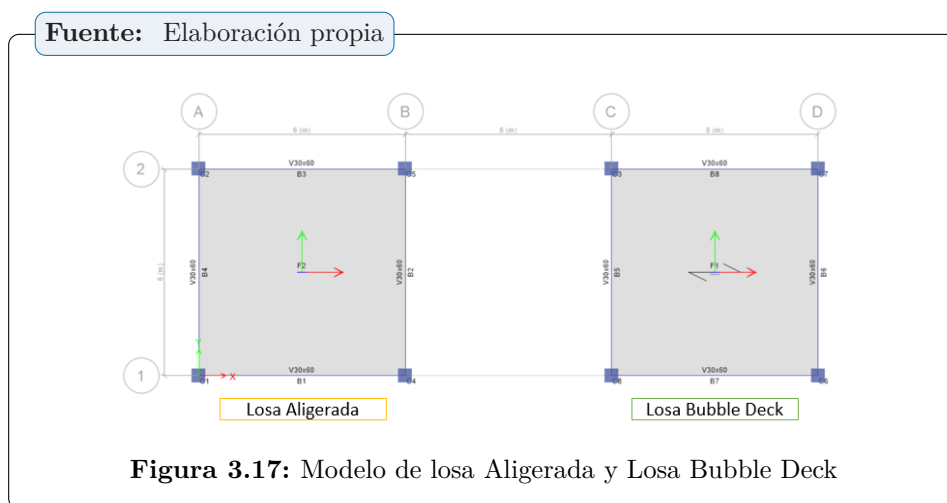
Carga viva por superficie:

☞ Vivienda:  $200\text{kg}/\text{m}^2$

☞ Azotea o techo:  $100\text{kg}/\text{m}^2$

### 3.11.2 Comparaciones

La comparación se realiza en una losa de  $6\text{m} \times 6\text{m}$ , con ambos sistemas de losas aligeradas. Para el modelamiento en el programa se usaron las propiedades mencionadas anteriormente respecto a los materiales.



#### 3.11.2.1 Momentos de flexión en la losa

Una losa trabaja principalmente a esfuerzos de flexión, en la figura 3.20 se observa los esfuerzos en losa aligerada y Bubble Deck en las direcciones  $x$  e  $y$  para una carga última de  $1.4CM+1.7CV$ .

Se observa que los momentos máximos en la losa aligerada unidireccional son mayores que en la losa Bubble Deck; también se observa que los momentos en máximos suceden en el centro de la losa.

Fuente: Elaboración propia

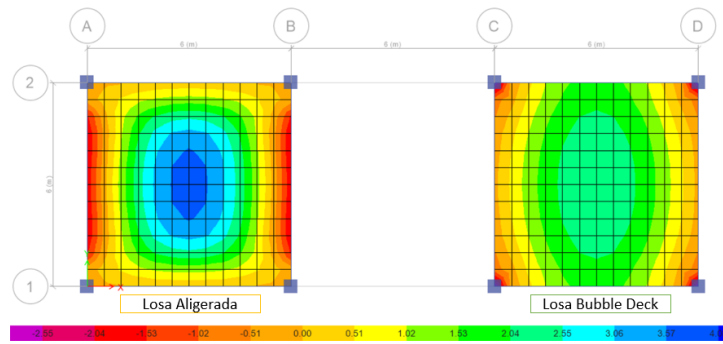


Figura 3.18: Distribución de momentos  $M11$  en las losas  $\text{tonf.m/m}$

Fuente: Elaboración propia

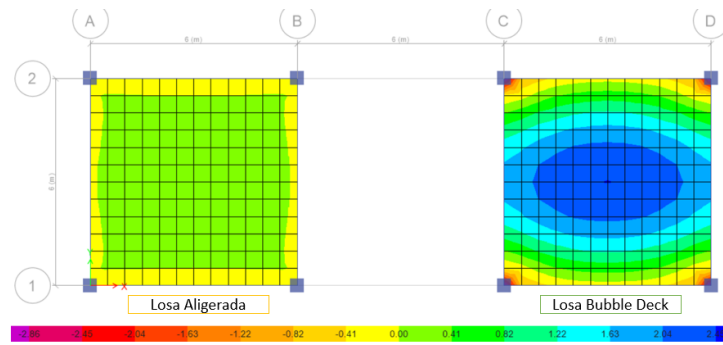


Figura 3.19: Distribución de momentos  $M22$  en las losas  $\text{tonf.m/m}$

### 3.11.2.2 Momentos de flexión en las vigas de contorno

Los momentos en las vigas son producidos por la transmisión de cargas de las losas para una carga última  $1.4CM+1.7CV$ .

Se observa que los momentos máximos en las vigas de losa aligerada uni direccional son mayores que en la losa bubble Deck; también se observa que los momentos en distribuidos por la losa Bubble Deck son iguales para cada viga de contorno.

Fuente: Elaboración propia

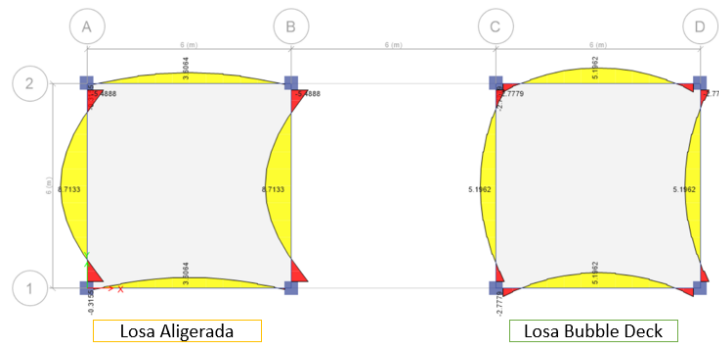


Figura 3.20: Distribución de momentos hacia las Vigas

### 3.11.2.3 Deflexiones en las losas

Evaluamos las deflexiones para una carga permanente *carga muerta*. Se observa que las deflexiones máximas se presentan en la losa aligeradas en comparación a una losa Bubble Deck.

Fuente: Elaboración propia

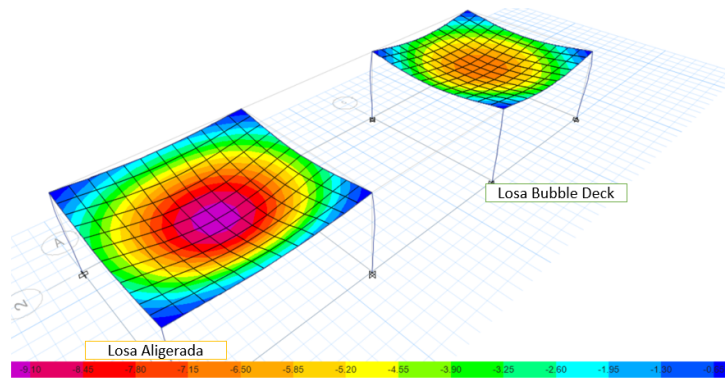


Figura 3.21: Deflexiones en la losa para la carga muerta

“Eres una de las miles de personas que hacen que esta vida tenga misterio, encanto y aventura.”

— Blue Jeans

Capítulo

# 4

## RESULTADOS

### 4.1 Contrastación de hipótesis

Según la revisión de los trabajos de investigación se citan 3 investigaciones una a nivel de análisis de la losa por elementos finitos en el *ANSYS* y dos a nivel experimental con modelos de losa sometidos a carga en laboratorio.

De lo mencionado se concluye que la incorporación de vacíos esféricos en una losa de concreto afecta de una manera insignificante la resistencia a la flexión y la resistencia al corte es menor en 0.6 veces que una losa sólida.

El parámetro de comparación se hizo con la losa maciza armada en dos direcciones. Como resultado podemos mencionar que el comportamiento estructural de una losa con vacíos esféricos es similar a una losa maciza en dos direcciones.

### 4.2 Análisis e interpretación

#### 4.2.1 Idealización estructural de una losa Bubble Deck.

La losa Bubble Deck puede ser modelada como una losa maciza bidireccional, esta afirmación se respalda en los experimentos realizados a nivel de laboratorio en diferentes trabajos de investigación. En la presente tesis se demostró este comportamiento con el modelamiento de una losa maciza en el que se varió su peso propio en función a los vacíos esféricos en un porcentaje de 30 % característica que debe cumplir el modelo para tener el comportamiento similar.

El modelo realizado en el software de diseño estructural *Sap2000* basado en los elementos finitos se define un método a seguir en el diseño estructural para losas Bubble Deck.

#### 4.2.1.1 Controles en el modelo

La losa BubbleDeck al ser modelada como una losa maciza, debe cumplir las siguientes características:

**Relación de espesor y diámetro de esfera.** La separación entre esferas debe estar entre  $1.5\text{cm}-2.5\text{cm}$ .

**Profundidad de Compresión.** Se debe verificar que el ancho de compresión en la sección de la losa no debe superar el ancho efectivo de concreto. *Una invasión de 20 % es insignificante*

**Resistencia a Corte.** La resistencia de corte de una losa Bubble Deck es de  $0.6$  veces la resistencia de la losa maciza.

#### 4.2.2 Cantidad de concreto para diferentes luces a cubrir.

Se realizó el cálculo de concreto en función al pre dimensionamiento de las losas Bubble Deck y losa aligerada unidireccional para luces máximas a cubrir, en función a la losa aligerada unidireccional. El resultado se muestra en la tabla 4.1:

Fuente: Elaboración Propia

Luz (m)	Losa Bubble Deck		Losa aligera 1 dir		Diferencia (m3)
	e(m)=ln/33	Vol (m3)	e(m)=ln/25	Vol (m3)	
4	0.12	1.83	0.17	1.28	0.55
5	0.15	3.30	0.2	2.19	1.11
6	0.18	5.27	0.25	3.60	1.67
7	0.21	7.18	0.3	5.51	1.67
7.5	0.23	8.64	0.3	6.33	2.32

**Tabla 4.1:** Cantidad de concreto en función a la luz libre a cubrir

Las luces planteadas son para los espesores comerciales en función a la losa aligerada unidireccional con ladrillo de arcilla. Se observa de que la losa aligerada unidireccional requiere menor cantidad de concreto que una losa Bubble Deck, como lo representa la gráfica 4.1 a partir de la tabla 4.1 .

Fuente: Elaboración Propia

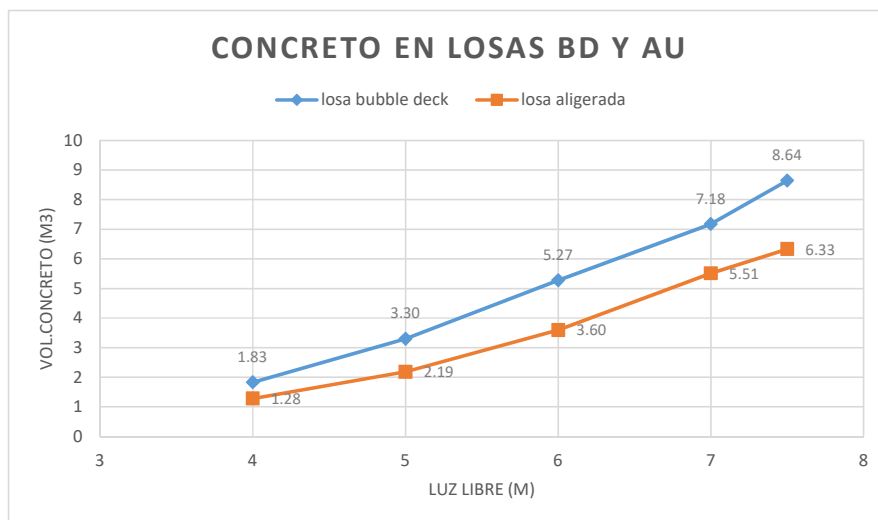


Figura 4.1: Cantidad de concreto en función a la luz libre a cubrir

#### 4.2.3 Cantidad de concreto a nivel de entrepiso

El sistema de losa con vacíos esféricos Bubble Deck y el sistema de losa aligerada unidireccional fueron evaluados para una losa con luces grandes mayores de 5m para ver el caso más aplicativo con referencia a las losas Bubble Deck. En el tabla 4.3 se muestra los resultados de cantidad de concreto requerido para una losa de 6m x 6m.

Para la comparación de losas se evaluó la losa de entrepiso que incluye las vigas peraltadas y vigas soleras que pueda incluir la estructura.

Fuente: Elaboración Propia

Tipo de losa Aligerada	Volumen (m3)	Diferencia (m3)	Porcentaje %
Losa Unidireccional	0.10	0.05	153.66
Losa con vacíos esféricos Bubble Deck	0.15		

Tabla 4.2: Cantidad de concreto por 1m2

Fuente: Elaboración Propia

Tipo de losa Aligerada	Volumen (m3)	Diferencia (m3)	Porcentaje %
Losa Unidireccional	7.38	1.93	126.18
Losa con vacíos esféricos Bubble Deck	9.31		

Tabla 4.3: Cantidad concreto para la losa de 6m x 6m

Como se observa en la tabla 4.3, la losa Bubble Deck requiere más cantidad de concreto que la losa aligerada unidireccional, viendo ya todo el sistema de losa de entrepiso 6x6m.

Para evaluar la cantidad de concreto se tuvo en cuenta la aplicabilidad de las losas Bubble Deck ya que estas pueden cubrir hasta 7.5m de luz como máximo y la losa unidireccional se limitan hasta luces en promedio de 7m como máximo, según las referencias consultadas.

**4.2.3.1 Para la luz máxima de la losa Bubble Deck 230**

Si hablamos de optimizar el concreto en ambos sistemas constructivos, el sistema de losa aligerada en una dirección con ladrillo de arcilla es la más óptima. Para verificar la afirmación se realizó el metrado de concreto con las diferentes alternativas de espesor en función de la luz libre a cubrir, como muestra la figura 4.2. En el cuadro 4.3 se muestra los resultados.

Fuente: Elaboración Propia.

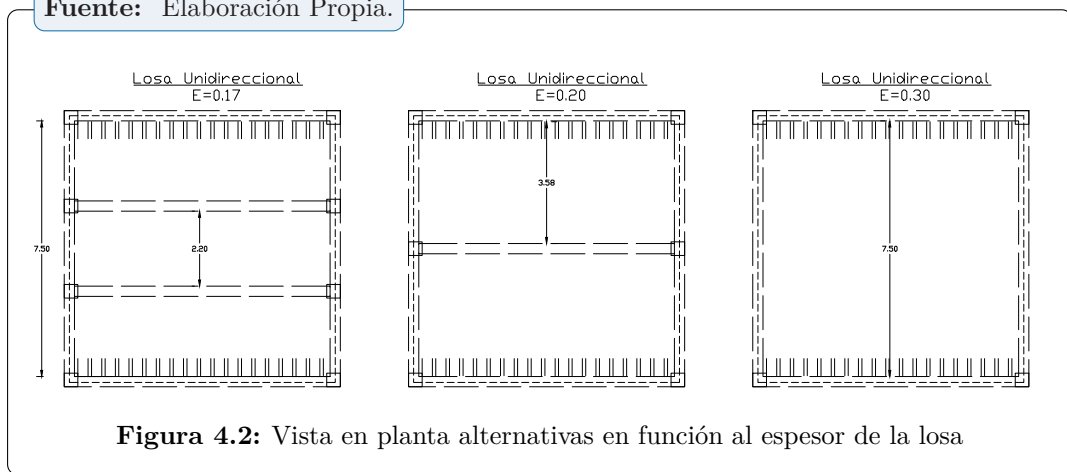


Figura 4.2: Vista en planta alternativas en función al espesor de la losa

Fuente: Elaboración Propia

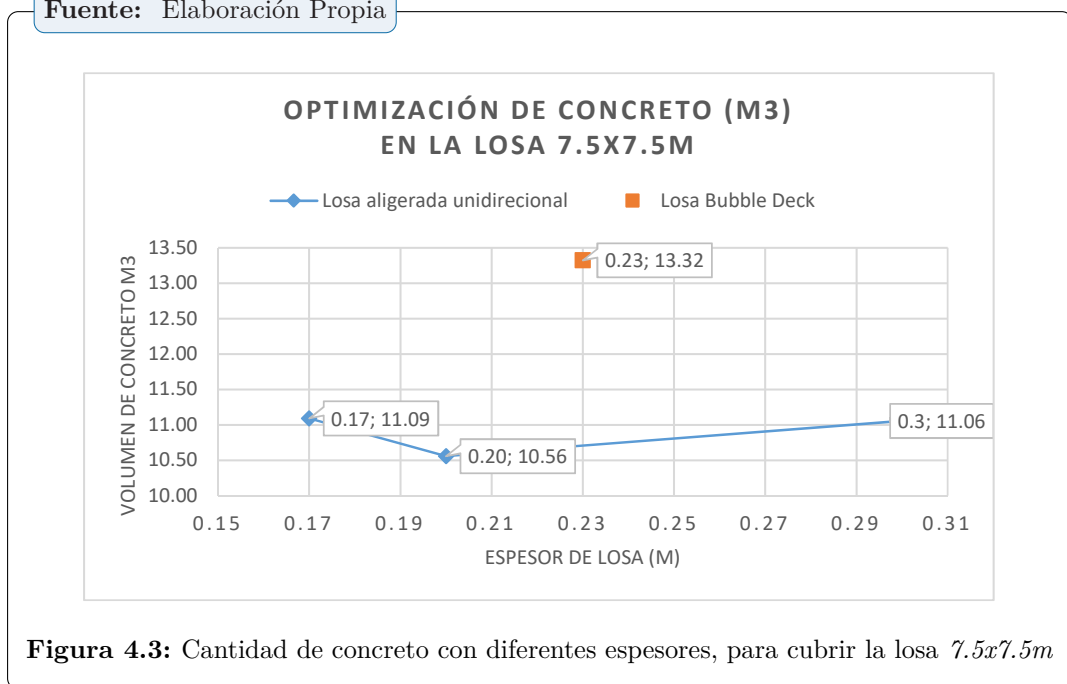


Figura 4.3: Cantidad de concreto con diferentes espesores, para cubrir la losa 7.5x7.5m

**4.2.4 En costos económicos**

Para realizar comparación de costos entre las dos losas se considero una comparación de los materiales que se usan, en la tabla 4.4 se muestra la comparación de precios.

**Fuente:** Elaboración Propia

COMPARACIOS DE PRECIOS							
Materiales	Unidad	Metrado	P Unitario	Precio	Total s/.	Diferencia s/.	
Losa aligerada Bubble Deck por m2							
Concreto	m3	9.31	327.20	3046.80	3,553.23	208.49	
Pelotas de Plástico (d=0.23m)	und	900.00	0.56	506.43			
Losa aligerada unidireccional por m2							
Concreto	m3	7.38	327.20	2414.74	3,344.74		
Ladrillos de Techo (30x30x20)	und	300.00	3.10	930.00			

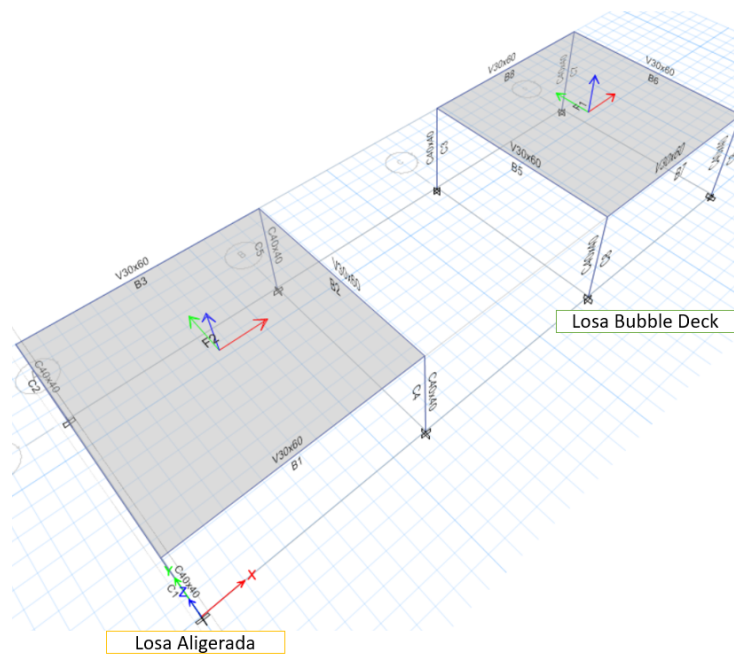
**Tabla 4.4:** Comparación de precios

En la tabla 4.4 se observa que una losa BubbleDeck nos estaría costando más que una losa unidireccional con ladrillo de arcilla.

**4.2.5 Comportamiento estructural**

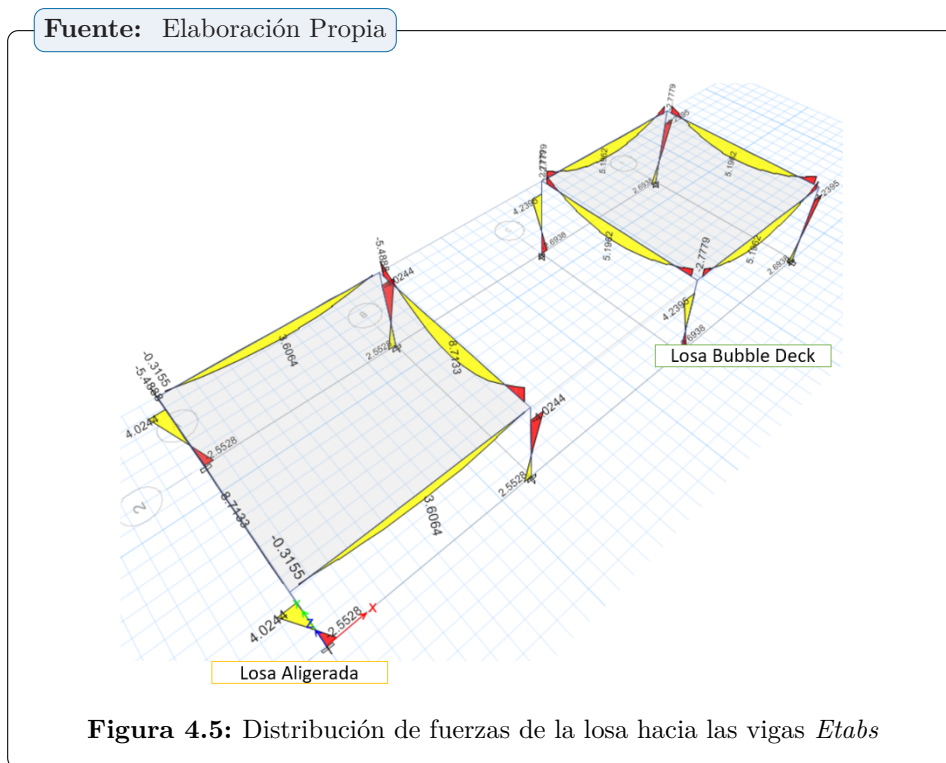
La losa con vacíos esféricos *Bubble Deck* tiene el mismo comportamiento que una losa maciza bidireccional, por lo que las cargas que reciba en la superficie es distribuida en dos direcciones hacia las vigas soleras.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 4.4:** Modelo de losa en Etabs

La losa *aligerada unidireccional* tiende a distribuir las cargas en la dirección en la que se arman por lo que los pesos son transferidos solo a las vigas principales.



En la tabla 4.6 se observa que los momentos producidos en la viga de las losa aligerada varía; esto nos indica, como se menciona, que la losa trabaja en una dirección, para este caso dirección *X*; Por lo que se observa que las vigas están más cargadas con momento positivo de  $8.71 \text{ tonf.m}$  y momento negativo de  $5.48 \text{ tonf.m}$  solo en la dirección *X*.

Los momentos en la producidos por la losa BubbleDeck en las vigas son iguales, esto es debido al comportamiento bidireccional de la losa; por lo que se observa momentos positivos de  $5.2 \text{ tonf.m}$  y momentos negativos  $2.78 \text{ tonf.m}$  en todas las vigas.

Fuente: Elaboración Propia

Momentos (1.4CM+1.7CV)	Losa Aligerda e=25cm		Losa Bubble Deck e=23cm	
	M (-) (Tonf.m)	M (+) (Tonf.m)	M (-) (Tonf.m)	M (+) (Tonf.m)
Viga 1x	0	3.61	-2.78	5.2
Viga 2x	0	3.61	-2.78	5.2
Viga 1y	-5.49	8.71	-2.78	5.2
Viga 2Y	-5.49	8.71	-2.78	5.2

**Figura 4.6:** Momentos para carga última en las vigas

**4.2.6**    **Peso a nivel de losa de entrapiso**

El peso de la losa Bubble Deck como se observo en la aplicación de la losa de entrapiso  $6x6m$ , es superior en  $1,93m^3$  a la losa unidireccional debido a que se requiere mayor cantidad de concreto para su construcción.

En la tabla 4.5 se observa a partir de  $4m$  hasta  $7.5m$  a cubrir; siempre la losa BubbleDeck será más pesada que la losa unidireccional con una diferencia entre  $0,55 - 2,32m^3$ .

También se observa que la losa BubbleDeck cubre mayores luces que una losa unidireccional con un espesor menor.

**Fuente:** Elaboración Propia

Luz (m)	Losa Bubble Deck		Losa aligera 1 dir		Diferencia (m3)	Peso (tonf)
	e(m)=ln/33	Vol (m3)	e(m)=ln/25	Vol (m3)		
4	0.12	1.83	0.17	1.28	0.55	1.32
5	0.15	3.30	0.2	2.19	1.11	2.67
6	0.18	5.27	0.25	3.60	1.67	4.02
7	0.21	7.18	0.3	5.51	1.67	4.00
7.5	0.23	8.64	0.3	6.33	2.32	5.56

**Tabla 4.5:** Comparación pesos *ton.f*

# 5

## CONCLUSIONES

---

### CONCLUSIONES

- ☞ La incorporación de vacíos esféricos en una losa de entrepiso que trabaja a flexión, no afecta a su resistencia y comportamiento, debido a que los esfuerzos en la sección de la losa son en la zona inferior a tensión y la zona superior a compresión; quedando la zona media en la que la presencia del concreto no es aprovechada y puede ser sustituido por un vacío en forma esférica.
- ☞ Las losas con vacíos esféricos puede ser modelados como una losa maciza en dos direcciones, para un mismo espesor, debido a la similitud de comportamiento estructural. Para un modelo adecuado se debe cumplir la reducción de peso propio de la losa maciza mayor igual a partir 33% y la relación de luces largo y ancho debe ser  $\leq 2$ .
- ☞ La aplicabilidad de este nuevo sistema constructivo de losa en vivienda en el Perú nos estaría costando más que una losa unidireccional tradicional; debido a la mayor cantidad de concreto.
- ☞ Se observa que a nivel de losa hay mayor cantidad de concreto en el sistema Bubble Deck por  $1m^2$ ; pero ello disminuye cuando se aplica y se ve el volumen a nivel de toda la losa incluyendo las columnas y vigas de borde. Ya que se observa de que se tiene una losa continua sin presencia de vigas interiores peraltadas.
- ☞ Las losas Bubble Deck requieren mayor cantidad de acero en comparación de una losa unidireccional, debido a que el acero es planteado en ambas direcciones teniendo un comportamiento bidireccional.
- ☞ Respecto a los tiempos de construcción se observa que la losa Bubble Deck es más rápido, debido a que en parte tenemos paneles prefabricados que se usan como encofrado para la losa faltante.

## **RECOMENDACIONES**

- ☞ Para el diseño y análisis de la losa Bubble Deck se debe partir de un modelo de losa bidireccional, considerando su comportamiento a nivel de toda la estructura de la edificación.
- ☞ Se debe realizar modelos experimentales de losa BubbleDeck para respaldar su comportamiento como una losa maciza armada en dos direcciones.

### **Futuras líneas de investigación**

- ☞ En el presente trabajo, solo se analizó la aplicación de losa Bubble Deck bajo cargas estáticas aislando la losa de entrepiso. Por lo que falta realizar un análisis a nivel de comportamiento estructural de toda la estructura de una edificación.
- ☞ Sería de gran aporte realizar un modelo experimental de losa Bubble Deck en Perú, para determinar y observar su comportamiento estructural. Y así determinar la relación para diseño de espesor de losa y diámetro de vacío esférico.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- 318, C. A. (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. American Concrete Institute. Segunda impresión. Recuperado de [www.concrete.org](http://www.concrete.org).
- Abanto Castillo, T. F. (2007). *Análisis de edificaciones de albañilería*. Lima, Perú: Editorial San Marcos.
- Alvarado Barzola, J. R. (2006). *Proyecto de estructuras de un edificio de vivienda de un sótano y ocho pisos en Barranco (Lima)*. Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/972>.
- Amaya A., T. E. and Galindo B., B. (2015). *Análisis del comportamiento a aplicación de losas Bubble Deck*. (Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23114>.
- ANDECE (2016). *Las 100 razones para utilizar el prefabricado de concreto*. Recuperado de <http://www.asocem.org.pe/productos-b/las-100-razones-para-utilizar-el-prefabricado-de-concreto>.
- Apuntes de Catedra, . (2018). *LAS ESTRUCTURAS Y EL ARQUITECTO*. (Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño Industrial). Argentina. Universidad Nacional de Córdoba.
- Basantes Ruiz, J. P. (2016). *Análisis de Eficiencia Estructural Entre Una Losa Nervada Y Una Losa ALivianada Con Pelotas de Plástico Reciclado*. (Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Técnica De Ambato. Ambato, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24185>.
- Bendezú Escobedo, J. A. (2017). *El prefabricado de concreto como una solución integral*. Lima, Perú. (ASOCEM). Asociación de Productores de Cemento. Recuperado de <http://www.asocem.org.pe/productos-b/el-prefabricado-de-concreto-como-una-solucion-integral>.
- Chávez Hinojosa, J. P. (2011). *Análisis Comparativo De Sistema Y Tecnologías Aplicadas A La Construcción De Losas de Estacionamiento*. (Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3319>.

- Cisneros Ayala, R. (2017). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE EDIFICACIONES CON ETABS*. Ponencia.Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho. P[4].
- Cosinga Pérez, A. B. and Gómez Del Águila, R. A. (2017). *Análisis comparativo Del Costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con poliestireno expandido versus ladrillo de arcilla*. (Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil).Universidad De San Martin de Porres. Lima,Perú. Recuperado de <http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/3719>.
- Damiano Leguía, G. (2018). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y FLEXIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA ARTESANAL CON CARGA DINÁMICA CÍCLICA*. Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil.Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho. P[3]. Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2780>.
- Danstek® (2016). *Bubble Deck*. [Internet]. Recuperado de <https://www.bubbledeck.com.ar>.
- Díaz Veitía, J. D. (2017). *Análisis del Comportamiento Estructural de Edificaciones con Losas Bubble Deck*. (Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil) .Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23114>.
- Gómez de la Torre, T. H. (2002). *Diseño de Estructuras De Concreto Armado*. 3a.Lima,Perú:Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Guerra Sánchez, J. A. (2015). *Concepto de optimización de recursos*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/concepto-de-optimizacion-de-recursos/>.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. 6a.México:McGRAW-HILL.
- JOSEPH, A. V. (2016). *STRUCTURAL BEHAVIOUR OF BUBBLE DECK SLAB*. Tesis de maestria en tecnología en ingenierís civil. Universidad Mahatma Gandhi,Kottayam, Kerala.Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/284646514>.
- Ministerio de Vivienda, C. y. S. (2014). *Reglamento Nacional De Edificaciones 2014*. Lima, Perú:ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Pandey, M. and Srivastava, M. (2016). *Analysis of Bubble Deck Slab Design by Finite Element Method*. International Journal of Science Technology Engineering. Volumen (2),[1-8]. REcuperado de <http://www.ijste.org/Article.php?manuscript=IJSTEV2I11273>.

## Referencias Bibliográficas

- Sanabria Riaño, B. S. (2017). *Análisis comparativo entre proceso de diseño Y Construcción de los sistemas tradicional y prefabricado de losas de entre piso para edificaciones de hasta 4 niveles*. (Tesis Para optar el Título de Ingeniero Civil) .Universidad Católica De Colombia, Bogotá, Colombia.Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15493/1/01%20DOC%20FINAL.pdf>.
- Segura García, A. K. (2017). *Manual De Proceso Constructivo De Losas Bubble Deck(BDM®)Para Edificaciones*. (Tesis de Maestría) .Universidad Nacional Autónoma De México, México.Recuperado de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13538>.
- Villavicencio Fdez, Y. (2014). *Introducción a la Ingeniería Civil: Optimización*. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2011/10/04/introduccion-a-la-ingenieria-civil-optimizacion/>.