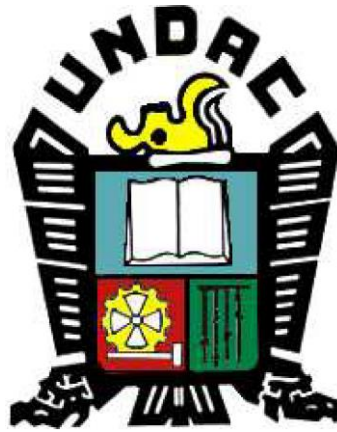


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Análisis del comportamiento de Losas Aligeradas, con la aplicación del  
Sistema de Vacíos Esféricos**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Bach. Angel Alcides ATENCIO CARHUARICRA**

**Asesor:**

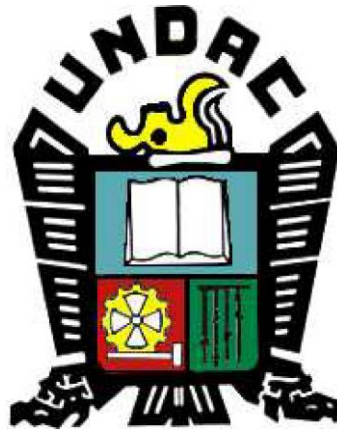
**Mg. Jose Luis SOSA SANCHEZ**

**Cerro de Pasco – Perú – 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**Análisis del comportamiento de Losas Aligeradas, con la aplicación del  
Sistema de Vacíos Esféricos**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Dr. Hildebrando Anival CONDOR GARCÍA

**PRESIDENTE**

---

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

**MIEMBRO**

---

Mg. Pedro YARASCA CORDOVA

**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 024-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**“Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema de Vacíos Esféricos.”**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. ATENCIO CARHUARICRA Angel Alcides**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. SOSA SANCHEZ Jose Luis**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Civil**

Índice de Similitud

**22%**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 29 de enero del 2024

  
UNDA - UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villa Requis Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

La presente investigación dedico a Dios, por haberme dado sabiduría y fuerza guiándome siempre el trayecto de mi vida.

A mi familia por su apoyo incondicional en mi preparación de pre grado

Al asesor de tesis, por su constante dedicación a la juventud estudiosa de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil y de la Región Pasco.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestra casa superior de estudios Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por brindarnos los conocimientos en la preparación de ser ingenieros civiles y así culminar nuestros estudios de pre grado en Ingeniería Civil.

A nuestros docentes que desde el inicio de nuestra formación universitaria estuvieron pendientes al avance, logros y dificultades nuestras para brindar el apoyo necesario en cambiar el enfoque de aprendizaje.

## RESUMEN

El proyecto de investigación tuvo como objetivo efectuar un diseño estructural con un análisis de resistencia entre la losa aligerada y la losa bubbledeck, cuyo propósito de la metodología es descriptivo y experimental realizando comparaciones entre ambos sistemas con comportamientos estructurales y económicos de ambas losas mediante las Norma E.020, Código ACI y Norma E.060. La población fue la edificación de cuatro niveles, los instrumentos se recolectaron mediante un análisis de datos donde se utilizó el software Ansys, luego de un análisis se obtuvo resultados en edificación con sistema bubbledeck de carga sísmica de la edificación de 145.82 tn, carga axial por columna de 17.72 tn, cortantes y momento de 0.33 y 0.48, desplazamiento de 6.60mm.y resultados de edificación con sistema convencional de carga sísmica de la edificación de 157.64 tn, carga axial por columna de 17.72 tn, cortantes y momento de 1.53 y 2.39, desplazamiento de 6.11 mm. El análisis es muy metódico porque la carga actúa sobre la losa o el espacio libre, por lo tanto, el tamaño de las columnas y los cimientos aumentara requiriendo así mayor consumo de materiales de construcción, la losa bubbledeck de polietileno de alta densidad (HDPE) se aplica en varios proyectos a nivel mundial por lo tanto el método es muy innovador. Se concluye que una edificación con sistema bubbledeck presenta un mejor comportamiento estructural en comparación de una edificación con sistema convencional según los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** Sistema bubbledeck, Ansys, HDPE.

## **ABSTRACT**

The objective of the research project was to carry out a structural design with a resistance analysis between the lightened slab and the bubbledeck slab, whose purpose of the methodology is descriptive and experimental, making comparisons between both systems with structural and economic behavior of both slabs through the Norms. E.020, ACI Code and Standard E.060. The population was the building of four levels, the instruments were collected through a data analysis where the Ansys software was used, after an analysis results were obtained in building with bubbledeck system of seismic load of the building of 145.82 tn, axial load per column of 17.72 tn, shears and moment of 0.33 and 0.48, displacement of 6.60mm. and building results with conventional seismic load system of the building of 157.64 tn, axial load per column of 17.72 tn, shears and moment of 1.53 and 2.39, 6.11mm offset. The analysis is very methodical because the load acts on the slab or the free space, therefore, the size of the columns and the foundations will increase, thus requiring a greater consumption of construction materials, the high-density polyethylene bubbledeck slab (HDPE). It is applied in several projects worldwide, therefore the method is very innovative. It is concluded that a building with a bubbledeck system presents a better structural behavior compared to a building with a conventional system according to the results obtained.

**Keywords:** Bubbledeck system, Ansys, HDPE.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años se han estudiado e investigado novedosas formas de diseño en la construcción, con el fin de reducir el costo de las estructuras y como también acortar el plazo de la construcción, pero sin dejar de seguir haciendo estructuras sólidas y efectivas.

A su vez desde 1966, las losas aligeradas, han permitido a arquitectos, ingenieros y constructores de todo el mundo realizar sus proyectos obteniendo diseños seguros, económicos y estéticamente agradables, a pesar de nuevas tecnologías que han surgido hoy en día, pese a los nuevos sistemas se siguen manteniendo los métodos tradicionales de construcción de losas.

En la ingeniería, se tiene como finalidad obtener mejores resultados disminuyendo el costo. Por otra parte, debido a la gran existencia de residuos plásticos en el Perú, que no son reutilizables, se buscan opciones más viables, en construir productos innovadores y aprovechables en la construcción en el Perú por la expansión urbana.

Ya que las construcciones generalmente son empíricas y sin asesoría de un profesional capacitado. Por lo tanto, la presente investigación pretende analizar un sistema constructivo denominado “Losas Bubble Deck”, que resuelve de manera sustentable y eficiente los inconvenientes que surgen día a día en las edificaciones y se conceptualizo en los siguientes capítulos:

El CAPITULO I: Contiene planteamiento del problema, tales como identificación y determinación, objetivos e importancia.

En el CAPITULO II: Contiene el marco teórico referente a los conceptos y definiciones a tratar en el presente proyecto de tesis.



En el CAPITULO III: En este capítulo se describe de manera general la metodología que se siguió y utilizó para la realización del presente proyecto de tesis.

En el CAPITULO IV: En capítulo se realizó presentación de resultados con un enfoque de ambos estudios.

El Autor.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.2.1. Delimitación espacial .....	2
1.2.2. Delimitación temporal .....	3
1.2.3. Delimitación económica .....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4

1.5.1. Justificación Metodológica.....	4
1.5.2. Justificación Social.....	5
1.5.3. Justificación Práctica.....	5
1.5.4. Justificación Teórica.....	5
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	7
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	33
2.2.1. Concreto estructural.....	33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	51
2.3.1. Incorporación bubbledeck a la losa.....	52
2.3.2. Planeación.....	54
2.3.3. Transporte y almacenaje.....	54
2.3.4. Izaje.....	55
2.3.5. Apuntalamiento.....	56
2.3.6. Cimbra perimetral.....	59
2.3.7. Cimbra perimetral estructural.....	60
2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	62
2.4.1. Hipótesis general.....	62
2.4.2. Hipótesis específicas.....	62
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	62
2.5.1. Variable independiente.....	62

2.5.2. Variable dependiente .....	62
2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES .....	62

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	64
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	66
3.5.1. Población .....	66
3.5.2. Muestra .....	67
3.5.3. Muestreo .....	67
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	67
3.6.1. Técnicas de recolección de datos .....	67
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	68
3.6.3. Equipo informático.....	69
3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	70
3.7.1. Procedimiento.....	70
3.7.2. Método de análisis de datos.....	71
3.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	71
3.9. ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA .....	71
3.9.1. Beneficencia .....	72
3.9.2. No maleficencia.....	72
3.9.3. Autonomía .....	72
3.9.4. Justicia .....	72

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	73
4.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	73
4.2.1. Espesor de la losa .....	73
4.2.2. Consideraciones sísmicas .....	75
4.2.3. Comportamiento sísmico .....	77
4.2.4. Análisis sísmico estático.....	82
4.2.5. Análisis sísmico dinámico .....	84
4.2.6. Análisis de losas .....	91
4.2.7. Análisis .....	95
4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	95
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	96

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Comparación de la resistencia a la flexión en losa de tablero de burbujas y losa maciza.....	41
<b>Tabla 2</b> Comparación de la capacidad a cortante en vigas con tablero macizo y losa de tablero de burbujas .....	42
<b>Tabla 3</b> Resultados de la prueba de aislamiento acústico.....	46
<b>Tabla 4</b> Material utilizado son hormigón estándar M30 y HDPE .....	47
<b>Tabla 5</b> Espesor mínimo de losas sin vigas interiores .....	50
<b>Tabla 6</b> Descripción de losa y peralte.....	53
<b>Tabla 7</b> Operacionalización de la variable independiente .....	62
<b>Tabla 8</b> Operacionalización de la variable dependiente .....	63
<b>Tabla 9</b> Espesor de la losa .....	74
<b>Tabla 10</b> Parámetro de losas según especificaciones bubbledeck).....	74
<b>Tabla 11</b> Parámetro de Diseño.....	75
<b>Tabla 12</b> Periodos de vibración en losa maciza.....	85
<b>Tabla 13</b> Periodos de vibración en losa aligerada .....	86
<b>Tabla 14</b> Periodos de vibración en losa con vacíos esféricos bubbledeck .....	86
<b>Tabla 15</b> Coordenadas del centro de Masas de la planta (X,Y) .....	87
<b>Tabla 16</b> Coordenadas del centro de Rigidez de la planta (X,Y) .....	87
<b>Tabla 17</b> Peso Sísmico Total de la Planta "i" en losa maciza.....	87
<b>Tabla 18</b> Peso Sísmico Total de la Planta "i" en losa aligerada .....	88
<b>Tabla 19</b> Peso Sísmico Total de la Planta "i" en losa con vacíos esféricos bubbledeck.....	88
<b>Tabla 20</b> Verificación de la Condición de la Cortante en la Base de losa maciza .....	88
<b>Tabla 21</b> Verificación de la Condición de la Cortante en la Base de losa aligerada.....	88

<b>Tabla 22</b> Verificación de la Condición de la Cortante en la Base de losa con vacíos esféricos bubbledeck .....	89
<b>Tabla 24</b> Deformación (losa maciza) Deformación (losas bubbledeck) .....	92
<b>Tabla 25</b> Estrés de ambas losas debido a la carga en movimiento .....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Partes del sistema Bubbledeck .....	35
<b>Gráfico 2</b> Tipos de tablonos de núcleo hueco (PCI).....	36
<b>Gráfico 3</b> Sección de corte de BubbleDeck (Bubbledeck-UK).....	37
<b>Gráfico 4</b> Construcción de losa alveolar biaxial.....	38
<b>Gráfico 5</b> Disposición de burbujas en la losa .....	48
<b>Gráfico 6</b> Disposición de burbujas en la losa .....	48
<b>Gráfico 7</b> Geometría de una losa aligerada .....	49
<b>Gráfico 8</b> Disposición de burbujas en la losa .....	52
<b>Gráfico 9</b> Transportación de los paneles .....	55
<b>Gráfico 10</b> Ubicación del gancho de Izaje.....	55
<b>Gráfico 11</b> Procedimiento correcto de Izaje para los paneles .....	56
<b>Gráfico 12</b> Cimbrado de paneles .....	57
<b>Gráfico 13</b> Dimensiones máximas de apuntalamiento .....	58
<b>Gráfico 14</b> Primer paso para el apuntalamiento de la losa inferior .....	59
<b>Gráfico 15</b> Segundo paso el apuntalamiento de losas subsecuentes .....	59
<b>Gráfico 16</b> Detalle del cimbrado perimetral del panel .....	60
<b>Gráfico 17</b> Vista en corte del terminado del primer vaciado.....	61
<b>Gráfico 18</b> Procedimiento detallado para un vaciado correcto.....	61
<b>Gráfico 19</b> Ideograma del diseño de investigación .....	66
<b>Gráfico 20</b> Ordenador HP ProBook Utilizado en el Desarrollo del Proyecto .....	69
<b>Gráfico 21</b> Isométrico Modelo Pseudotridimensional.....	78
<b>Gráfico 22</b> Vista en Planta Modelo Pseudotridimensional.....	79
<b>Gráfico 23</b> Espectro de Pseudo-Aceleraciones X-X.....	79
<b>Gráfico 24</b> Espectro de Pseudo-Aceleraciones Y-Y.....	80



<b>Gráfico 25</b> Límites de distorsión de Entrepiso en losa maciza.....	90
<b>Gráfico 26</b> Límites de distorsión de Entrepiso en losa aligerada .....	90
<b>Gráfico 27</b> Límites de distorsión de Entrepiso en losa con vacíos esféricos bubbledeck .....	91
<b>Gráfico 28</b> El modelo de cubierta aligerada convencional.....	91

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En la actualidad el Perú se encuentra en un crecimiento y desarrollo urbano en las actividades de la construcción de las viviendas y edificaciones, para ello esta investigación surge como un diseño muy innovador sobre las losas Bubble Deck que está compuesto por esferas en vacío en losas de concreto, durante décadas solo se utilizó las losas convencionales a pesar que surgieron nuevas tecnologías que nos ayudaría ampliar el conocimiento en las construcciones. Este sistema podría ser agradable para los ingenieros y a la vez para los arquitectos debido a su proceso con optimizaciones y ahorros del concreto, tiende a tener varias ventajas por ser una losa ligera que trabajan a flexión y no serían afectados por la resistencia sísmica debido a los esfuerzos presentados y lo más relevante minoraría el tiempo en la construcción. Según (Rodríguez Chavarry, 2015). Sostiene el concreto armado es uno de los materiales estructurales más usados en la construcción hoy en día. Sin embargo, la construcción compuesta ha representado en los últimos años una gran ventaja

con respecto al concreto armado, ya que aliviana el peso y el costo de las estructuras. En las estructuras compuestas podemos encontrar el sistema de losa colaborante, el cual está conformado por láminas de acero que trabajan como encofrado y constituyen el refuerzo positivo cuando la concreto fragua.

Según (SENCICO, 2014). Dando como resultado un sistema de losa de entrepiso mucho más liviano, disminuyendo de esta manera el peso de la estructura, es por ello que se podría estimar la disminución de la sección de las estructuras que soportan cargas por gravedad de la edificación y también producidas por el sismo, dando como resultado una opción técnica económica para el usuario.

Según (Ramos Rugel, 2002). Las losas son responsables de soportar las cargas verticales y distribuir las fuerzas horizontales. La capacidad de resistir cargas verticales equivale a soportar su propio peso, acabados, divisiones, piso terminado y la carga viva de acuerdo al uso que tendrá la estructura. En la selección del sistema de losas no sólo debe influir el factor económico sino los criterios estructurales en conjunto. Debemos tener en cuenta que las edificaciones se comportan como se construye y no necesariamente como se diseñan.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La investigación, tiene como finalidad reducir el concreto de una losa en volumen y a la vez reduce el peso de la estructura drásticamente; este sistema es de ingeniería extranjera que viene incursionando y es muy innovador por las funciones del Bubbledeck por que nos permite ahorrar tiempo en ejecución de obra y mejora el rendimiento de la losa.

### **1.2.1. Delimitación espacial**

En el análisis de los materiales tiene a ser clave para la industria de construcción ya que en estos últimos años se viene innovando, en las gigantescas

empresas tomaron conciencia del efecto que crea los recursos en el sistema de losa Prenova o BubbleDeck demostrando un desempeño eficiente porque nos ayuda en el ahorro del concreto y a la vez reduce los gastos innecesarios en el proceso de ejecución construcción. Los proyectos constructivos nos dan una exigencia hoy en día un gran avance en la ingeniería poniendo la práctica del sector creación con altos estándares de calidad y con tácticas de sostenibilidad siguen en crecimiento, es por dicha razón que el área creación está tomando medidas de reducir la utilización de materiales.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El proceso de la investigación se elaborará entre los meses de setiembre del 2022 a mayo del 2023 correspondientes al periodo académico 2022 B de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

### **1.2.3. Delimitación económica**

La Investigación es abastecida económicamente por los tesisistas la cual es capaz de permitir que se desarrolle la investigación sin ningún inconveniente.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

- ¿Cuál sería el comportamiento estructural de losas con vacíos esféricos (bubbledeck) y losas aligeradas?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los elementos estructurales al utilizar el bubbledeck en una losa?
- ¿Cuáles son las fallas en el corte y momentos producidos en las dos losas?
- ¿Cuál es el diseño de losa más económico y sustentable?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Demostrar un comportamiento estructural con sus análisis de resistencia entre la losa tradicional y la losa con vacíos esféricos (bubbledeck), a la vez ampliar el conocimiento a los proyectistas en ingeniería con sus ventaja y desventaja de cada tipo de losa.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Consolidar el proceso constructivo de losas aplicando el Bubbledeck.
- Innovar a los proyectistas con el conocimiento de esta investigación con sus resistencias y procesos.
- Realizar un análisis comparativo de costo de materiales entre la losa tradicional y losa con vacíos esféricos (bubbledeck).

## **1.5. Justificación de la investigación**

En este estudio de investigación planteamos nuestros conocimientos sobre la construcción de losas tomando como un punto clave los diseños en el comportamiento estructural, ya que se vino patentando hace poco más de 15 años en obras internaciones.

### **1.5.1. Justificación Metodológica**

De la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo en el cual se recopilarán una serie de datos y así poder probar las hipótesis planteadas en base de la medición numérica y estadística donde se mostrarán los datos calculados utilizando los diferentes tipos de losas aligeradas y losas con vacíos esféricos (bubbledeck).

La presente investigación será de diseño no experimental ya que no existirá manipulación deliberada entre las variables y de tipo transversal ya que la investigación se realizará en un periodo corto.

### **1.5.2. Justificación Social**

De la presente investigación dará a conocer a la sociedad que sistema de losas con vacíos esféricos (bubbledeck) en edificaciones tendría un buen comportamiento sísmico, ya que existe la necesidad de emplear nuevos sistemas constructivos que nos brinde seguridad frente a los sismos y un factor muy importante la cual se empleará disminuir el peso en la edificación utilizando esferas de PVC en la losa.

Para ellos realizaremos una serie análisis para determinar qué tipo de losa aligerada es la más adecuada a utilizar en las edificaciones.

### **1.5.3. Justificación Práctica**

De esta investigación consistirá en realizar estudios de suelos y así poder determinar el resultado de la capacidad portante del suelo existente y con ese dato se desarrollará el diseño estructural y análisis sísmico en una edificación utilizando losas aligeradas y losas con vacíos esféricos (bubbledeck) en la cual están las losas aligeradas convencionales, se emplearán viguetas pretensadas y así poder determinar que edificación se comportaría mejor ante un evento sísmico.

### **1.5.4. Justificación Teórica**

De esta investigación determinará qué tipo de losa es el adecuado, las losas aligeradas o losas aplicando bubbledeck y que tendrá un comportamiento sísmico aceptable siguiendo los criterios fundamentales y requisitos necesarios según el RNE; en el cual nos basaremos según la Normativa E.050; para el estudio de suelos, la norma E.020 para determinar el peso total de la edificación y las cuales

también tendremos en cuenta las siguientes normas; como la E.030, E.0.60, E.070 y también el código ACI 318 para realizar el desarrollo del diseño estructural y análisis sísmico. En las losas aligeradas convencionales y losas bubbledeck ya que este material tiene un peso muy liviano.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Una de las limitaciones de esta investigación sería el comportamiento sísmico y el tipo de software que emplearíamos al momento de modelar ya que no sería precisa en los resultados con el proceso real constructivo.

## **APÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

(Kalyana K., 2020) Instituto Vels de Ciencia de Tamil Nadu - India, realizó un artículo llamado “Investigación de losa para método analítico”. La investigación consiste en reducir el peso de la losa empleando el hormigón reduciendo la luz de la losa empleando el uso de esferas de plástico que le ayudo a mejorar las deflexiones bajo las cargas de servicio que son más altas que la losa plana, las losas con cubiertas de burbuja ayudaría a los beneficios estructurales ya que las bolas harían vibrar el hormigón produciendo una uniformidad en la construcción.

(Oukaili, 2021) Universidad de Bagdad – Irak, realizo un artículo llamado “Eficiencia de refuerzo de CFRP en la mejora de la resistencia al corte por punzonamiento de losas burbujeadas de RC con aberturas”. La investigación se centra en la influencia de la resistencia cortante por punzonamiento entre las losas de hormigón armado con burbujas cubiertas con láminas CFRP a la vez nos hace



mención que la losa hueca biaxial es eficiente en dos direcciones que ayudarían a la carga aplicada que se conserva desde la transferencia en momentos positivos y negativos, su estudio busca compensar la pérdida de resistencia debido a la capacidad experimental dando así un análisis numérico de elementos finitos utilizados con el software Ansys.

(Zaoyang Guo, 2016), Universidad Chongqing- China realizo una investigación llamado “Rigidez al corte de materiales neo-hookeanos con huecos esféricos” Este estudio nos detalla las deformaciones utilizando el método de elementos finitos en tensión y deformación prediciendo así un volumen de los de los vacíos como materiales elásticos lineales, en la investigación detallan los cúbicos RVE que son materiales neo-hookeanos que dan efecto a la fracción de volumen de vacíos esféricos que están distribuidos aleatoriamente y en su modelamiento de su matriz dando como resultado incomprensible.

(Jabir, 2021) Universidad de Wasit – Iraq realizo una investigación cargas llamado “Tiras de losas convencionales y burbujeadas bajo repetidas limitadas: un estudio experimental comparativo” Su estudio principal de esta investigación es comparar las losas de burbuja con las losas solidas bajo las influencias de cargas repetidas en la sección transversal, en tres losas tenían secciones sólidas y las otras estaban vacías con bolas de esponja cambiando de fallas en las losas de modo dúctil combinado por flexión-cortante o puro falla por flexión frágil. Sus capacidades en la comparación aumentan cuando se coloca los soportes puntuales del hormigón, el uso de las losas interiores de bolas elimino gran parte del hormigón dando fallas repetitivas en la resistencia.

(López Fernandez, 2008) realizo la investigación “Análisis comparativo de los costos de una losa tradicional con una losa de refuerzo en forma oblicua”

en la Universidad Nacional de Colombia, con la finalidad de optar el Grado de Ingeniero Civil.

La investigación llego a las siguientes conclusiones:

- a) En las comparaciones hechas anteriormente se puede observar que el incremento del precio de los materiales de construcción aumenta el porcentaje de diferencia entre los costos unitarios de los dos sistemas en las dos fechas distintas. En teoría para poder hacer estos análisis de costos se asumió la mano de obra constante, la razón es por no tener aumentos significativos, por tratarse de trabajos a destajo.
- b) Entonces resulta que en el año 1998 la diferencia en porcentaje relacionando el costo directo más alto con el más bajo resulto ser el 10.97% mientras que en la actualidad nos dio el 15.38%. Por lo consiguiente y con mayor razón es un porcentaje considerable que se puede ahorrar modificando la forma de reforzar una losa obteniendo una mayor eficiencia estructural.

(Ballesteros García, 2016) realizo la investigación “Diseño estructural de un edificio de concreto de cuatro niveles” en la Universidad Central del Ecuador, con la finalidad de optar el Grado de Ingeniero Civil.

La investigación llego a las siguientes conclusiones:

- a) Se concluye con este trabajo que el análisis y diseño estructural asistido por Etabs tiene que ser de mucho criterio y mucho sentido común ya que al ingresar datos, elementos, cargas y acciones se pueden cometer errores, así como en el momento de interpretar los resultados.
- b) Se debe siempre tener presente que la hipótesis y método se basa el programa de análisis, así como sus alcances y limitaciones, el análisis estructural es un proceso iterativo y si no se conocen los métodos de análisis

y procesos de diseño fácilmente se puede incurrir en errores que pueden poner en peligro la seguridad estructural.

(Córdova & Aguilera, 2009) realizó la investigación “Losas bidireccionales con vigas, otra alternativa de cálculo” en la Universidad de Santiago de Chile, con la finalidad de optar el Grado de Ingeniero Civil.

La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- a) El estudio de esta alternativa de diseño, ha permitido determinar el Método de Distribución de Momentos para Losas Bidireccionales con Vigas, el mismo que es aplicado en losas con vigas descolgadas y losas con vigas banda, de una manera sencilla y fácil de aplicar en las estructuras, no solo para trabajos de escritorio, sino que permite la solución de problemas en obra en lo referente a la distribución de momentos y armadura en las losas.
- b) Para comprobar este método de distribución de momentos se ha realizado el estudio en 20 estructuras de hormigón armado, realizando una comparación de los resultados entre el modelo del Pórtico Equivalente descrito en el ACI y CEC 2001, el programa Etabs V9.0 que usa la teoría de elementos finitos y la propuesta de investigación, y se ha llegado a los resultados ya expuestos.

(Minor García, 2014), realizó la investigación “Consideraciones sobre la metodología propuesta por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas”, para optar el grado de Especialista en Estructuras; llega a las siguientes conclusiones:

- a) En este trabajo se hicieron dos ejemplos con los que se intentó observar las diferencias que tiene aplicar el método aproximado para el cálculo de

estructuras de losas aligeradas propuesto en el Reglamento vigente y el análisis de un modelo tridimensional.

- b) La comparación se hizo por medio del momento flexionante resultado de ambos análisis en los ejes de columnas y se utilizó un parámetro que fue el cociente entre el momento de la Norma Técnica y del método analítico para efectuar dicha comparativa.

(López, 2018), realizó la investigación “Análisis comparativo de los costos de una losa tradicional con una losa de refuerzo en forma oblicua”, para optar el grado de Maestro; llega a las conclusiones:

- a) En las comparaciones hechas anteriormente se puede observar que el incremento del precio de los materiales de construcción aumenta el porcentaje de diferencia entre los costos unitarios de los dos sistemas en las dos fechas distintas. En teoría para poder hacer estos análisis de costos se asumió la mano de obra constante, la razón es por no tener aumentos significativos, por tratarse de trabajos a destajo.
- b) Entonces resulta que en el año 1998 la diferencia en porcentaje relacionando el costo directo más alto con el más bajo resultó ser el 10.97% mientras que en la actualidad nos dio el 15.38%. Por lo consiguiente y con mayor razón es un porcentaje considerable que se puede ahorrar modificando la forma de reforzar una losa obteniendo una mayor eficiencia estructural.

(San Juan, 2016), realizó la investigación “Análisis y diseño estructural de edificio para un laboratorio farmacéutico”, para optar el grado de Ingeniero Civil llega a las conclusiones:

- a) En cuanto al diseño estructural de las nervaduras las cuales se revisaron manualmente con el criterio del Dr. Oscar Gonzales Cuevas conjugando con las N.T.C. concreto 2004.
- b) Se aplicó el método de ACI y por lo tanto se realizó una comparación de resultados diseño arrojado del Etabs 2015 fueron muy similares existen en el proyecto errores de modulación y áreas de acero baja en comparación con el cálculo estructural revisado de forma detallada.

(Bascuñán Walker, 2019), realizo la investigación "Innovación tecnológica en la construcción ahora es cuando" este artículo discute ciertos aspectos de la innovación tecnológica en la construcción, y particularmente algunas de las nuevas necesidades y posibilidades existentes en Chile.

Los autores del artículo consideran que la introducción de tecnologías de punta en el sector construcción es especialmente conveniente hoy en día, debido a diversas circunstancias que han convergido, así como, un crecimiento sostenido de la economía del país; los avances tecnológicos en las comunicaciones que facilitan la ubicación y captación de nuevas tecnologías, una mayor competitividad a nivel local como internacional, así como por el desarrollo que se ha alcanzado a nivel local en el campo de la investigación. Se discuten, además, los factores que favorecen la introducción de innovaciones tecnológicas en la construcción, así como las relaciones que tienen dichas innovaciones con el resto de las partes de un proyecto.

(Minor García, Comparación entre dos posibles soluciones al diseño Estructural, en 1930 y contemporánea, para el edificio “La Nacional”, 2014) realizo a investigación “Consideraciones sobre la metodología propuesta por las Normas Técnicas complementarias del Reglamento de Construcción para el

Distrito Federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas”, para optar el grado de Especialista en Estructuras, llega a las siguientes conclusiones:

- a) Su objetivo es comparar el análisis descrito por las normativas actuales para las losas planas aligeradas analizando y diseñando con un software que podemos encontrar actualmente, con la finalidad de emplear parámetro que se utilicen para equilibrar las recomendaciones y consideraciones del reglamento aplicable, de este modo concluir cuáles son los aspectos posibles que muestra la norma para una mejora del uso de un análisis más detallado en la actualidad. En conclusión, es obligatorio que se investigue y sustente con evidencias físicas la cual establezcan, cuál de las versiones es correcta, y que colaboren y refuercen el reglamento de construcción actual, para finalmente lograr un diseño eficaz que respalde la seguridad de las estructuras y de los ocupantes.

El principal aporte de la tesis de investigación se enfoca en el Reglamento de la Construcción con el análisis y diseño de las losas aligeradas utilizando diversos instrumentos de cálculo y verificar los resultados con el método aproximado. La importancia de investigación se comprueba que la metodología propuesta por las Normas Técnicas, en el cálculo de estructuras la altura de las vigas equivalentes, varían entre un 10% a un 20% por las losas macizas respecto a las losas aligeradas.

(Ortega Oyarzábal, 2013), realizo la investigación "Calculo de placas a través de distintas metodologías", para optar el título de Ingeniería Civil, tiene como finalidad de desarrollar el procedimiento de obtención de la flecha de una placa (losa maciza bidireccional) “sometida a cargas perpendiculares de manera estática y dinámica, mediante tres métodos: el método de Navier, método de

elementos finitos y el método de diferencias finitas, para ello analizó tres casos de losas bidireccionales de un solo paño”; “en el primer caso la placa se encuentra sometida a una carga perpendicular uniformemente distribuida, en el segundo caso a una carga puntual y en el tercer caso a una carga triangular, en la investigación al comparar los resultados obtenidos se llegó a la conclusión que el método con el que se obtienen mejores resultados es el Método” de elementos finitos, debido a que en la actualidad es un método muy desarrollado y en casos sencillos se obtienen resultados muy satisfactorios y de manera sencilla sin requerir realizar cálculos complejos.

(López, 2018), realizo la investigación “Análisis comparativo de los costos de una losa tradicional con una losa de refuerzo en forma oblicua”, para optar el grado de Maestro; llega a las conclusiones:

- a) En las comparaciones hechas anteriormente se puede observar que el incremento del precio de los materiales de construcción aumenta el porcentaje de diferencia entre los costos unitarios de los dos sistemas en las dos fechas distintas. En teoría para poder hacer estos análisis de costos se asumió la mano de obra constante, la razón es por no tener aumentos significativos, por tratarse de trabajos a destajo.
- b) Entonces resulta que en el año 1998 la diferencia en porcentaje relacionando el costo directo más alto con el más bajo resulto ser el 10.97% mientras que en la actualidad nos dio el 15.38%. Por lo consiguiente y con mayor razón es un porcentaje.

(Sanchez Bone & Echeverria Troya, 2021) realizo la investigación “Análisis comparativo de una vivienda de 7 plantas construida con losa maciza y con losa aligerada implementando el uso del material poliestireno expandido”

para optar el grado título de Ingeniero Civil, se centraron su realidad problemática en las edificaciones construidas con materiales comunes ya que tienen un peso grande y se convierte en un peligro ante la ocurrencia de un sismo, a través de la metodología de investigación analítica, centraron su objetivo en la determinación comparativa de una edificación de 7 niveles construida con losa maciza y con losa aligerada, proponiendo el uso del material poliestireno expandido, la muestra fue una edificación, como resultado se obtuvo que el periodo fundamental  $T$  es de 0.67 seg. para estructura con losa maciza y de 0.647 seg para losa con poliestireno expandido, concluyeron que la losa aligerada con P.E. presenta un sistema constructivo más viable para la vivienda, puesto que brinda mayor seguridad estructural en comparación con el sistema de losa maciza, recomendaron el uso del poliestireno expandido en losas aligeradas, pues ofrece un sistema estructural con menor factores de derivas brindando así una mayor seguridad. La relevancia es que utilizaron losas aligeradas de espesor de 20 cm.

(Abadal Gámiz & Abadal Gámiz, 2003), realizó la investigación "Análisis del comportamiento de las chapas nervadas de acero para losas mixtas", para optar el grado de título, su objetivo principal del trabajo fue analizar la manera de comportarse las chapas nervadas de acero para losas mixtas, con un enfoque principal en el movimiento que surge entre la tabla y el hormigón.

Este estudio se fragmenta en tres partes, análisis de ensayos de flexión de losas mixtas, fallo por deslizamiento longitudinal de losas mixtas y estimación de la curva que muestra la losa mixta en los ensayos de flexión. De los resultados se concluye que en los ensayos de flexión que la zona entre embuticiones de la chapa metálica apenas trabaja, tal y como supone el Eurocódigo. Resulta importante



distinguir el deslizamiento en directo o inverso según la orientación de las embuticiones, ya que cada uno incluye de manera distinta a la chapa.

El antecedente sirve para saber cómo trabaja la losa colaborante dependiente de los sentidos de las embuticiones.

(Namdeo, Namdeo, & Laxmikant, 2015), el artículo tiene como título “Composite Concrete Slabs with Profiled Steel Decking: Comparison Between Experimental and Simulation Study”. Este trabajo consiste en estudiar el comportamiento de las losas de concreto compuestas con perfiles de acero de tipo CRIL DECKSPAN. La metodología de este estudio es experimental y de simulación, por lo tanto, se harán ensayos para estudiar la resistencia de la unión al corte bajo la prueba de flexión, mediante el cual se evaluarán 18 muestras divididas en 6 conjuntos de 3 ejemplares cada uno con diferentes longitudes y será sometidos a carga estática y cíclica. Se procede con el modelado y análisis de elementos finitos (FE) simulando la interacción de unión a corte. Del cual se obtienen resultados y se concluye que los datos obtenidos de los ensayos concuerdan con el Fe, siendo capaz de predecir el comportamiento y la capacidad de carga de las losas. Este antecedente ayuda a saber que para los tramos de cortante ya sean largos o cortos el comportamiento de la losa se regirá por el corte a flexión siendo esta una de las fallas de este elemento estructural.

(Ramírez Reyes, 2018), realizó la investigación la investigación “Análisis comparativo del comportamiento estructural de una losa en una dirección y una losa con placa colaborante”, para optar el grado de título, este trabajo tiene como objetivo decidir la conducción primaria de un trozo en un sentido y una sección con una placa de unión, y las variedades de esta reacción, en cuanto a remociones horizontales, momentos de torsión, poderes de corte.

La metodología de este trabajo fue modelar la losa unidireccional y la losa con placa colaborante utilizando el software Ansys y analizar los tipos de conducta subyacente de la pieza en un sentido y la sección con una placa de trabajo en conjunto. De los resultados se infiere que la sección unidireccional, por ejemplo, el trozo con una placa trabajando juntos eran los normales según los establecidos por los principios NEC-SE-DS, se logró una exhibición decente y consintiendo los arreglos de cizallamiento basal, los valores de flotación del piso por debajo del 2% están dentro del rango de configuración. Este antecedente sirvió para tener más conocimiento acerca del comportamiento estructural de una losa colaborante.

(Nitin, Rathi, & Kolape), realizó la investigación “Experimental Investigation of Composite action of Steel Concrete slabs”. El objetivo de esta investigación es analizar y diseñar una losa compuesta que se une por medio de conectores de corte. La metodología aplicada en esta investigación fue experimental donde se realizan distintos ensayos para observar cómo se comporta la losa a flexión pura, al comparar la desviación del hormigón y el acero, el deslizamiento se vio en una porción de la esquina de la losa, en donde también se observó una separación vertical entre ambos materiales.

De los resultados se concluye que la deflexión de la losa compuesta es mucho menor a comparación de una losa convencional y que el acero de esfuerzo requerido también es menor. El antecedente de esta investigación ayudo a saber cómo es el comportamiento de la losa colaborante sometido a ensayos de flexión.

(Taveras Luzon & García Estévez, 2016), realizó la investigación “Análisis comparativo de losas estructurales convencionales de hormigón armado (no pre-forzado) para entresijos”, para optar el grado de título, su objetivo de

estudio es analizar y comparar las diferentes losas de entrepiso no preforzado, las cuales se utilizan en República Dominicana, sus costos y la eficiencia estructural que muestran cada una de ellas de resultados. Fue un estudio de tipo descriptivo y experimental; la población de estudio fueron los diferentes sistemas de losas en el cual se realizó la comparación entre cada una de ella.

Los instrumentos empleados fueron informaciones bibliográficas de los diferentes tipos de losas y también se empleó el programa de diseño estructural SAFE. Se concluyó que la losa más eficiente estructuralmente y viable económicamente es la losa con metal deck a partir de 6 metros, ya que por sus características tiene buen desempeño en las deflexiones y su costo no es tan elevado comparadas a las otras losas estudiadas por qué no cuenta, con la cantidad de insumos que tienen la otras para llevarla a cabo.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

(Quino Quispe, 2019) Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Perú, realizó una investigación de tesis llamado “Optimización de concreto en losas aligeradas en construcción de viviendas, con la incorporación de vacíos esféricos y aplicación del sistema bubbledeck”. Esta investigación presenta un análisis de optimización de la construcción de las losas con vacíos esféricos (bubbledeck) con una losa aligerada comparando los diseños unidireccionales con un pre dimensionamiento que determinan las cantidades de hormigón en una losa, nos detalla también que una losa trabaja a flexión debido a sus esfuerzos de tensión y compresión y nos sugiere que puede ser sustituido por el vacío esférico ya que reduce el peso propio.

(Solorzano Leon, 2022) Universidad Cesar Vallejo – Perú, realizó la tesis llamada “Diseño de estructuras de hormigón armado sin vigas, aliviadas por

sistema bubbledeck en una vivienda de 4 pisos, Huaraz 2022”. Este proyecto de una vivienda de cuatro pisos se realizó con el software Ansys obteniendo resultados no favorables aplicando momentos cortantes, carga axial y desplazamientos. A la vez analizó los costos de dos sistemas de edificaciones en diferentes medidas concluyendo así que el sistema bubbledeck presenta un mejor comportamiento estructural en un sistema convencional.

(Rodriguez Chavarry, 2015) realizó la investigación “Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas” en la pontificia universidad católica del Perú, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. a investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- a) Es posible establecer que, para la misma sobrecarga, el sistema estructural de losa colaborante con AD-600 tiene una mayor resistencia a flexión que lo que resiste una losa aligerada:  $2145.89 \text{ Kg-m} > 735.18 \text{ Kg-m}$ .
- b) Para la misma sobrecarga, el sistema estructural de losa colaborante con AD-600 tiene una mayor resistencia a esfuerzos de corte que los que resiste una losa aligerada:  $5299.41 \text{ Kg} > 913.97 \text{ Kg}$ .
- c) Utilizando la teoría convencional de losas y vigas, se puede denotar que la losa colaborante presenta menores deflexiones comparándolas con la losa aligerada:  $1.16 \text{ cm} < 2.70 \text{ cm}$ .

(Schwartzmann Rivero, 2013) realizó la investigación “Diseño de un edificio de oficinas de concreto armado en once pisos” en la universidad nacional mayor de San Marco, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. La investigación llegó a las siguientes conclusiones.

- a) La estructura se ha diseñado de acuerdo a las disposiciones de la Norma Técnica de Edificaciones, en sus versiones vigentes, que componen el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- b) Las alternativas de techado con losa aligerada son aproximadamente 10% más económicas que las opciones con losa maciza, teniendo en cuenta los precios actuales de materiales y mano de obra. Las vigas intermedias aumentan el encofrado y la dificultad en el proceso constructivo de la obra, por lo que se ha optado por utilizar, como sistema de techado en el proyecto, la losa aligerada sin vigas intermedias.

(Retamozo Martinez, 2011), realizó la investigación “Diseño estructural de un edificio de viviendas de dos sótanos y 5 pisos, ubicado en San Isidro – Lima”, para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las siguientes conclusiones:

- a) El edificio está estructurado predominantemente por placas de corte de concreto armado y pórticos, así como por losas aligeradas y losas macizas que actúan como diafragmas rígidos horizontales. En la estructura las placas de corte aportan casi el total de resistencia lateral en ambos sentidos.
- b) En el análisis y diseño de la losa aligerada en dos direcciones, se comprobó que las cortantes y momentos de la losa influye y son los que determinan el diseño de los aligerados adyacentes, se hizo la prueba de colocar el 50% de la carga viva en el paño de dos sentidos y el 100% de su carga en los paños de sus extremos, dando como resultados cortantes y momentos similares en los extremos de los paños cargados al 100% y cuando se considera solo el paño de dos sentidos.

(Chávez Hinojosa, 2011), realizo la investigación "Análisis comparativo de sistema y tecnologías aplicadas a la construcción de losas de estacionamiento", para optar el grado de Ingeniero Civil; llega a las siguientes conclusiones:

- a) Estos sistemas relativamente nuevos no son utilizados masivamente en nuestro medio por falta de conocimiento de sus ventajas, y por falta de difusión de los especialistas.
- b) A partir de los cálculos realizados para una distribución en planta de una losa que se vio en el diseño, se concluye en lo que respecta al costo que el sistema de losa más económico es el sistema de losa con viguetas pretensadas y bovedillas de poliestireno, el cual genera aproximadamente un ahorro del 23.5 % con respecto al sistema tradicional.
- c) Con los sistemas analizados se muestra una economía notable del orden de reducir la madera de andamios y encofrado y a racionalizar todas las operaciones de fabricación sobre las cuales se puede ejercer un control muy riguroso.

(Ramos Rugel, 2002) realizo la investigación "Análisis técnico y económico de losas de entepiso", con la finalidad de optar e título profesional de ingeniero civil. La investigación lleo a las siguientes conclusiones. Proponer sistemas de entepiso más ventajosos que el sistema de losas aligeradas con ladrillos de arcilla comúnmente usado por un sector de la construcción, concluyendo que el sistema de lámina colaborante permite un mayor rendimiento en la construcción de las losas de entepiso, también que la losa maciza genera un incremento de 120% en el manejo de cantidades de acero con respecto a las losas aligeradas en una dirección, sin embargo la cantidad de acero a usar es semejante para las losas coladas in-situ en una y dos direcciones.

(Aza Santillán, 2014) realizó la investigación “Diseño estructural de un edificio residencial de concreto armado de ocho pisos y semisótano”, para optar el título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- a) El principal objetivo se proyecta en análisis y diseño estructural de concreto armado en losas aligeradas con un peralte de concreto armado en losas aligeradas con un peralte unidireccionales de 20 y 25 cm, indicando que las cargas verticales son dimensionadas por cada paño.
- b) Se utilizó un modelo de masas concentradas con tres grados de libertad por cada piso; este sistema funciona con un diagrama rígidos, además de dos componentes ortogonales de traslación horizontal y uno de rotación.
- c) Al utilizar el software en el diseño estructural permite analizar cargas horizontales con alta precisión y/o cargas gravitatorias. El principal aporte de la tesis de investigación se enfoca en él, Diseño Estructural de ocho pisos y semisótano utilizando concreto armado, además, aplicando las Normas Peruanas vigentes; como E.030 (Diseño Sismorresistentes), E. 020 (Cargas), E.050 (Suelos y Cimentaciones), E.060 (Concreto Armado), Utilizando un instrumento elaborado por el programa ETABS tridimensional. La importancia de la tesis a la presente investigación que el análisis del edificio de ocho pisos y semisótano se ha diseñado en base a elementos de concreto armado, considerando el uso de vigas peraltadas, placas, columnas y muros de cortes. Los elementos sismorresistentes que controlan los desplazamientos laterales se le denomina muros de corte en ambas direcciones.

(Loayza León & Chavez Porras, 2015) realizó la investigación “Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles”, para optar el título de Ingeniero Civil, Tiene como objetivo un método de vaciado de losas con viguetas

prefabricadas Firth, losas macizas y losas aligeradas. El sistema estructural está compuesto por pórticos, columnas y vigas de concreto armado ya que en su gran mayoría por muros de corte. Obtuvo con resultado:

- a) El edificio tuvo un análisis estructural con un modelado tridimensional. Se tomaron en cuenta la norma E. 020 para las cargas de gravedad, además la norma de diseño sismorresistentes.
- b) En proceso constructivo son las losas prefabricadas firth por ser más rápida además se ahorra en encofrado, por otro lado, hallarse mayor conglomeración de tuberías se utiliza losa maciza con el mismo espesor de la losa aligerada.
- c) Los ambientes destinados a servicios higiénicos se utilizarán losa maciza, porque al haber mayor congestión de tuberías se mostraría más fácil poder hacer un saneamiento en caso de filtración.

El principal aporte de la tesis de investigación se centra en él, diseño de un edificio 5 niveles utilizando concreto armado, además, aplicando las Normas Peruanas como E.020 (Cargas) E.060 (Concreto Armado), Diseñando en el programa Ansys.

La importancia de la investigación que el diseño de un edificio de 5 niveles de concreto armado, donde los muros de corte consisten en un sistema estructural, conformados por pocos pórticos, vigas y pilares, que se encargan ser un apoyo a las losas aligeradas con viguetas prefabricadas tipo Firth y losas macizas.

(Pazos Pingo, 2015) realizó la investigación “Determinación y Evaluación de las Patologías de Losas Aligeradas en el Sistema Estructural de Concreto Armado de la Posta Medica Los Algarrobos – Distrito Piura – Provincia Piura 2015”, para optar el título de Ingeniero Civil, el principal objetivo en las edificaciones se manifiesta infinita, ya que los elementos estructurales son



sometidos a diferentes lesiones como ejemplo la losa aligerada está compuesta por los siguientes elementos: bovedilla, malla electro salada, malla, capa de compresión ( $F'c$ ) y vigueta. Obteniendo como resultado en la construcción bajo de costo y sencillo. Entre sus conclusiones se menciona:

- a) Los acero en la losa se deben colocar de manera simétrica para que tengan un buen comportamiento, si se diseña los acero se colocará asimétricamente ya que esto puede originar problemas de torsión por irregularidades en la rigidez.
- b) El concreto colocado sobre la losa y vigueta forman una capa de compresión en la que este sistema se le conoce como una pieza monolítica.

El principal aporte de la tesis de investigación se centra en la evaluación y determinación de las patologías de losas aligeradas en la posta médica de los algarrobos, donde el diseño debe cumplir con una ductilidad eficaz para que soporten las fuerzas generadas por un sismo.

La importancia de esta tesis de investigación indica que el diseño de losas aligeradas tiene un concreto armado que esté compuesto por grietas lineales y pulímetro de agregados, es por ello que se le recomienda un manteamiento adecuado para su conformidad y respectiva operatividad, ya que su índice de vida útil es de 38 años.

(Afuso Muñoz, 2017) realizó la investigación “Diseño Estructural de un edificio de Concreto Armado de cuatro pisos y tres sótanos ubicado en el distrito de Barranco”, para optar el título Ingeniería Civil, el principal objetivo del diseño y análisis estructural con una construcción multifamiliar de concreto armado con cuatro pisos y. Se tendrá en cuenta las pautas de la estructura. Se diseñó con una estructura simple y con una adecuada rigidez lateral en ambas direcciones, las

losas de cada piso que forman un diagrama rígido, ya que fueron losas aligeradas en un solo sentido y losas macizas en uno y dos sentidos. Entre sus conclusiones se menciona:

- a) Se realizó un diseño, con el software Ansys con la finalidad de obtener las cargas sísmicas de los elementos, así verificar que se cumplan con la norma E. 030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- b) El edificio fue diseñado con las versiones actuales de las Normas de estructuras del Reglamento Nacional de Edificaciones. Obteniendo como diseño final la distribución de columnas y placas, la altura mínima de piso a techo, la altura de vigas, rigidez en ambas direcciones, además cumpliendo con el requerimiento de arquitectura.

El principal aporte de la tesis de investigación Diseño Estructural de cuatro pisos sea con una apropiada rigidez lateral en ambas direcciones y estructura moderada. Siguiendo con el requerimiento de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, además, utilizando una plantilla tridimensional proyectado en el sistema ETABS.

La importancia de la tesis a la presente investigación indica que el diseño estructural de muros de corte, columnas y vigas de concreto armado son en ambas direcciones y los techos de cada piso forman un diagrama rígido.

(Falcón Yupanqui, 2017). realizo la investigación "Tipos de losas de entrepiso y productividad en edificaciones multifamiliares" para optar el grado título de Ingeniero Civil, la tesis que se realizo tuvo como principal objetivo en determinar que puede existir hasta tres diferentes tipos de losas cada una con diferente función, por ello la investigación analizo cada tipo de estas losas tanto las ventajas como desventajas técnico-económico, que provoca al emplear las

losas alveolares ya que llega a reducir el plazo del proceso constructivo en los entresijos, la investigación concluye que al emplear la losa alveolar referente a la productividad llega a obtener resultados de 77.65 en la losa alveolar, 68.34 en la losa pre losa, y en una losa aligerada de manera convencional obtiene un resultado de 64.36, en donde se llegó a la conclusión que la losa alveolar genera mejor productividad a comparación de las otras dos losas, su aporte es conocer las características referente a la productividad de las tres losas y ver la mejor que se puede emplear en los entresijos para las viviendas multifamiliares.

(Zavaleta Chavarri, 2018). realizó la investigación "Comparación del comportamiento estructural y económico de losas aligeradas compuestas por ladrillos de arcilla y bloques de poliestireno Trujillo" para optar el grado título de Ingeniero Civil, la tesis tuvo como principal objetivo en analizar desde la perspectiva de los costos y del proceso constructivo con dos soluciones al utilizar bloques de poliestireno y arcillas al emplearlo en la losa aligerada, en lo cual el autor realizó diversas comparaciones en dos aspectos en la estructura y en la parte económica de la losa, utilizando para su recolección de datos software Ansys, de esa manera sacar el metrado y análisis de precios unitarios, en lo cual el autor hizo empleo de planos de aspecto arquitectónico de un edificio multifamiliar de hasta cuatro niveles, al emplear el Reglamento Nacional de Edificaciones, verificando las secciones de los elementos de la estructura de aspecto aligerante al sustituirlo con bloques de poliestireno. En donde se concluyó en la investigación que al reemplazar los bloques de poliestireno por ladrillo de arcilla llegó a tener disminución en el peso, mejorar el rendimiento y la facilidad en la colocación de los bloques. Tuvo como aporte en ver los beneficios al comparar los ladrillos de techo que son usados usualmente y ver una alternativa al emplear

bloques de poliestireno de esa manera disminuir en los costos y atribuir en otros aspectos del proceso constructivo de una losa aligerada usual.

(Najarro Gamboa, 2019) realizó la investigación “Evaluación de resistencia estructural de losas aligeradas con unidades de albañilería convencional y compuesto utilizado en edificaciones, Lima – 2019”, para optar el grado título, centró su problemática en el aumento de las construcciones informales que se realiza sin un diseño previo ni un análisis estructural, aplicaron una metodología de tipo aplicada, centrandó su objetivo en realizar el análisis de la resistencia estructural de las losas aligeradas con ladrillo tradicional y compuesto como propuesta para su uso en viviendas, la muestra estuvo conformada por las losas de entrepiso de un edificio.

Como resultado se alcanzaron resistencias de  $305\text{kg/m}^2$  y  $278\text{kg/m}^2$  respectivamente; logrando reducir el peso en 8.85% del total de la losa aligerada utilizando ladrillo compuesto, concluyeron que para ambos casos se lograron obtener una resistencia estructural similar, recomendando que en cuanto a la resistencia se debe utilizar las losas aligeradas con ladrillo convencional, puesto que tuvo mayor resistencia a comparación con el ladrillo compuesto. La relevancia radica en que es económicamente factible utilizar losas aligeradas con ladrillo convencional ya que arrojó un ahorro del 9.10% a comparación de la losa con ladrillo compuesto.

(De la Torre Asto & Guerra Colca, 2019) realizó la investigación “Análisis comparativo del diseño sismorresistentes de una edificación de albañilería confinada de cuatro niveles con dos sistemas de losa aligerada: convencional versus viga cero en Carabayllo – 2019”, para optar el grado título, centró su realidad problemática que alrededor del 80% de las construcciones en

el Perú se construyen con el sistema de albañilería confinada, ante ello se hace necesario su conocimiento de su comportamiento ante a eventos sísmicos, cuyo objetivo fue estudiar el comportamiento de los sistemas de aligerado tradicional y el sistema viga cero en una edificación, siendo su muestra las edificaciones de cuatro niveles, obteniendo como resultado que el factor de reducción sísmica fue de  $R=6$ , el modo de vibración de 0.86% con un periodo de 0.753s, concluyeron que de acuerdo con los resultados obtenidos, para los dos sistemas se obtuvieron derivas menores de 0.005, recomendaron utilizar el sistema viga cero, porque con este sistema se disminuye notablemente el peso de la estructura.

La relevancia es que aplicaron el software Ansys para que puedan analizar y establecer el comportamiento estructural que adquieren para ambos casos.

(Almonacid Ordoñez, 2020) realizó la investigación “Uso del poliestireno expandido e innovado para losas aligeradas”, para optar el grado de título, centró su realidad problemática en la poca adherencia que se presenta durante el enlucido de losas de edificaciones, a través de la metodología de investigación básica aplicada, centró su objetivo en realizar el diseño con el uso del P.E. con casetones, mediante el análisis técnico y económico, para proponer su uso en losas aligeradas de una edificación; la muestra una edificación. Como resultado se obtuvo que el P.E. como material reductor de peso para paneles redujo el peso de los elementos en un 99%, concluyó que si es posible diseñar el bloque de P.E. acanalado rellanado con mortero mediante ideas nuevas de bloque que determinen la como material de relleno de losas aligeradas, y se recomendó innovar y fomentar el uso del poliestireno, ya que cumple con las recomendaciones técnicas mínimas de diseño y logra un mejor ahorro económico. La relevancia es que al aplicar el P.E.

ofrece mejoras y ventajas en las características estructurales, técnicas y económicas.

(Tequen Acha & Pérez Carrasco, 2021) realizó la investigación “Comparativo estructural del sistema aporticado y albañilería confinada de un edificio multifamiliar, Jaén – Cajamarca”, para optar el grado de título, centró su problemática en la deficiente proyección estructural adecuada, óptima y funcional, se utilizó una metodología analítica, centrando su objetivo comparar el comportamiento estructural entre los sistemas estructurales aporticado y albañilería confinada frente a eventos sísmicos de un edificio multifamiliar, la muestra fue un edificio multifamiliar de cuatro pisos con un área de 214 m<sup>2</sup>. Como resultado obtuvieron que con respecto a los valores de desplazamientos del sistema de albañilería no exceden al 20% a comparación del sistema aporticado que obtiene valores hasta el 50%, concluyeron que los dos sistemas estructurales alcanzaron un correcto comportamiento estructural frente a eventos sísmicos. Recomendaron utilizar el sistema estructural de albañilería confinada, por la razón que logra mejores resultados en su análisis estructural sismorresistentes. La relevancia es que aplicaron el software Ansys, ya que permitió brindar un análisis estructural más especializado. Como bases teóricas se tiene que la carga es una fuerza u otras acciones que resultan del peso total de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, movimientos diferenciales y cambios dimensionales (M.V.C.S., 2006, p. 1).

Existen dos tipos de cargas, cargas vivas y cargas muertas, las cargas muertas son el peso de los materiales, equipos, tabiques, dispositivos de servicio y otros elementos que soporta la vivienda, incluyendo su peso propio, que sean permanentes o con una variación en su magnitud (M.V.C.S., 2006 p. 2). Una losa,

al elemento estructural de menor espesor respecto al largo y ancho, por lo general tiene una forma horizontal y se arma en una o dos direcciones de acuerdo al tipo de apoyo existente en su contorno. Utilizando también como diafragma rígido para conservar la unidad de la estructura frente a cargas horizontales producidas por eventos sísmicos (M.V.C.S., 2006, p. 15). Las losas aligeradas o placas de entrepiso son los más delicados en una vivienda, ya que una colocación equivocada del acero de refuerzo puede ocasionar el colapso sin que ocurra un sismo.

Una losa pesada puede aumentar el peso propio de la estructura; lo que lleva a grandes cimientos y hace que aumente el costo de la construcción. Mientras tanto, el hormigón ligero (LC) suele ser entre un 16 y un 35 % más ligero que el hormigón ordinario con resistencias comparables.

(Cano Cisneros, 2018), realizó la investigación, “Comparación del diseño sismorresistentes empleando losas aligeradas convencionales versus vigacero, AA. HH. Cruz de Motupe, San Juan de Lurigancho, 2018”, para optar el grado de título, tuvo como objetivo de investigación realizar un análisis comparativo del diseño sísmico de una edificación, utilizando como primera alternativa las losas aligeradas convencionales; y para la segunda alternativa empleando el sistema de losa aligerada con viguetas de acero, con la intención de verificar y poder evidenciar, la disminución de los elementos estructurales así como la disminución del peso propio de la estructura, cumpliendo con los parámetros mínimos según indicado por la normativa Peruana vigente.

Fue un estudio cuantitativo de diseño no experimental transversal; la población fue la edificación de cuatro niveles y tuvo un muestreo no probabilístico; los instrumentos, recolectaron un análisis de datos empleando en

el Software Ansys. Los principales resultados fueron la diferencia de pesos realizados en diseño estructural empleando losas aligeradas convencionales en la cual tuvo una carga de 300 kg/m<sup>2</sup>, y un peso total de la estructura de 671.091 ton, mientras que en el diseño estructural empleando losas aligeradas VIGACERO tuvo una carga de 170.02 kg/m<sup>2</sup> y un peso total de la estructura de 555.75 ton, siendo esta un contraste significativo en el peso del edificio.

(Apaza Rafael, 2019), realizó la investigación “Análisis del sistema losa con viguetas pretensadas frente al de losa convencional para la edificación Consell, Huancayo”, para optar el grado de título, tuvo como objetivo de investigación determinar los resultados del análisis sísmico de una losa con viguetas pretensadas y una losa convencional para la edificación Consell, Huancayo. Fue un estudio de carácter representativo-confrontativo de diseño no experimental; la población de estudio fueron 6 edificaciones de características similares ubicadas entre las calles Cajamarca, Ferrocarril, Huancavelica y Real, el muestreo es no probabilístico; habiéndose elegido la edificación multifamiliar Consell de 5 pisos con 1 semisótano; los instrumentos empleados fueron; el software Ansys para realizar análisis del comportamiento estructural.

Los principales resultados del análisis del comportamiento estructural de la edificación; con la incorporación del sistema losa con viguetas pretensadas; las cuales son más eficiente; ya que se determinó una cortante basal de 145.68Tn., tanto para la dirección en “x-x” como para la dirección en “y-y” mientras que con el sistema losa convencional, la cual se determinó una cortante basal de 150.03Tn tanto para la dirección en “x-x” como para la dirección en “y-y”, es decir existe una disminución del 2.89% con la incorporación del primer sistema, esto debido a la diferencia de pesos de la estructura la cual es de 25.17 toneladas, generando



así menor distribución de fuerzas en altura. Así mismo se determinaron que las derivas del entrepiso disminuyen hasta 4.35% en la dirección “x-x”, y hasta 2.33% en la dirección “y-y”, con la incorporación del sistema losa con viguetas pretensadas, frente al sistema losa convencional.

(Paye Anco, Peña Castillo, & Franco Sanchez, 2014), realizó la investigación “Propuesta para la utilización de losas de entrepisos prefabricados y su evaluación costo tiempo”, de la Escuela de Postgrado, en la elaboración de su artículo. Tuvo como objetivo, determinar mediante un análisis cuáles son las diferencias de acuerdo al costo y tiempo de ejecución entre las losas de una y dos direcciones, para dicho análisis se utilizaron losas con el sistema convencional y prefabricado. Fue un estudio de tipo descriptivo, los instrumentos recolectaron fueron fichas técnicas de fabricante en el caso de los materiales, hojas de cálculo con el programa Excel. Se concluyó que es admisible disminuir el costo a un 15 % y el tiempo en el rango de 64% a 83% para la ejecución de las losas prefabricadas respecto a las losas convencionales, la disminución del tiempo es un factor importante a tener en cuenta ya que permitirá disminuir los gastos generales, las losas con láminas colaborantes otorga un mayor rendimiento en el proceso constructivo en ejecución de las losas de entrepiso. Este sistema es más factible cuando se tiene una gran área de losa para realizar un techado. Las losas con láminas colaborantes obvia el uso de encofrado, en la cual debe realizar un falso cielo raso, en ambientes tales como aulas, oficinas y otros.

(Arias, 2002). realizó la investigación "Análisis técnico y económico de losas de entrepiso" para optar el grado de título, concluye que el sistema de techos más eficiente son las losas aligeradas, que es el método constructivo más usado

en el área de la construcción, y se realizó el proyecto de tesis denominado Análisis técnico y económico de losas de entrepiso.

Uno de los objetivos de la tesis es poder determinar las disimilitudes entre las losas tipo compuestas con las placas colaborantes, y también del tipo de losas aligeradas en una y dos direcciones, determinando las distancias de luces que se cubren con estos sistemas. También se realizan diseños para losas de dos años, que permiten establecer el sistema de entrepiso más adecuado.

## **2.2. Bases teóricas científicas**

### **2.2.1. Concreto estructural**

De acuerdo a las bibliografías, el concreto se usa con propósitos estructurales y no estructurales, mediante concreto simple y reforzado.

Para elaborar un concreto de calidad, ACI (301, 2018) no establece requisitos se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Los agregados a usarse deben estar limpios, libres de tierra, madera, u otro material que afecte, asimismo se debe controlar las cantidades y tamaños a usarse.
- La utilización del cemento tiene que ser adecuado para que llegue a la resistencia con una buena relación del agua así dándonos una buena durabilidad.
- El diseño óptimo de la mezcla, deberá cumplir con los requisitos de los materiales, dosificación, producción y suministro de concreto
- Para la calidad de la colocación se debe considerar las condiciones climáticas, transporte, el tiempo y la consolidación mediante vibrado.
- Realizar el curado, evitando que el agua contenga sustancias que decoloren o perjudique al concreto y que sea de una duración según lo requerido.

- El concreto deberá estar protegido en climas fríos para evitar el congelamiento y asegurar su resistencia.

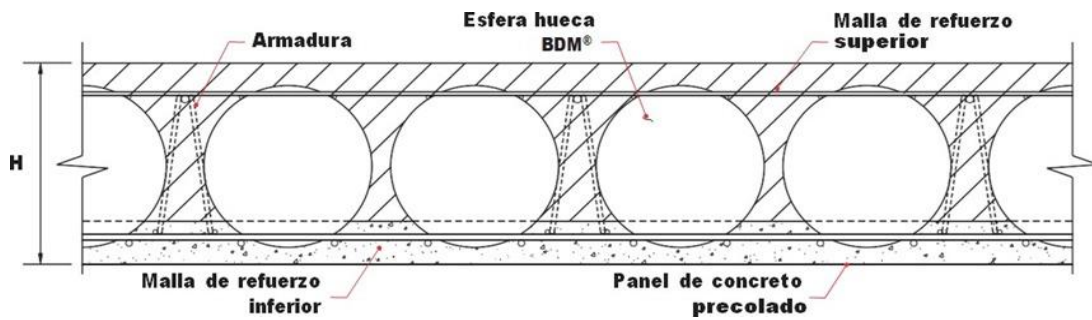
Es necesario que el concreto cumpla con las siguientes características y condiciones requeridas:

- La resistencia a compresión
- La permeabilidad
- La plasticidad
- La resistencia a flexo tracción
- Peso unitario
- Durabilidad

#### **2.2.1.1. ¿Qué es Bubbledeck?**

El sistema Bubbledeck consiste en una serie de burbujas (esferas) de plástico huecas, de diámetro variable, que se colocan entre dos mallas de acero, permitiendo reducir los costes en la construcción de losas de hormigón, y, además, que éstas se ejecuten de una forma amigable con el medio ambiente. Es una solución de ingeniería revolucionaria que ahorra volumen de hormigón en una losa, alivianándola, mejorando el diseño y la ejecución de las construcciones y reduciendo los costos globales. 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. La clave está en quitarle peso al entrepiso sin perder la cualidad de un cielo liso” (Cevallos Cabrera & Basantes Ruiz, 2016).

**Gráfico 1**  
*Partes del sistema Bubbledeck*



*Fuente:* Comportamiento estructural de las losas BubbleDeck y su aplicación a tableros de puentes livianos.

- a. Elemento filigrana. - Esta losa está conformada por un elemento prefabricado de concreto en la parte inferior, dentro de la cual han quedado embebidas las esferas y son sostenidas por las armaduras que también se encuentran dentro. En la parte superior, se les coloca una malla de acero electrosoldada y el concreto y los demás refuerzos necesarios son colocados en obra (Segura García, 2017).
- b. Módulos reforzados. - Esta consiste solamente en mallas electrosoldadas y armaduras que sostienen las esferas. El concreto y el refuerzo adicional necesario es colocado en obra (Segura García, 2017).
- c. Losas terminadas. - Estas losas se entregan ya con el acabado final (última capa de concreto), a diferencia del primer tipo que se colocaba en obra. Este tipo de losas normalmente se apoyan sobre vigas y son utilizadas para luces de entre 5 y 8 metros. (Segura García, 2017).

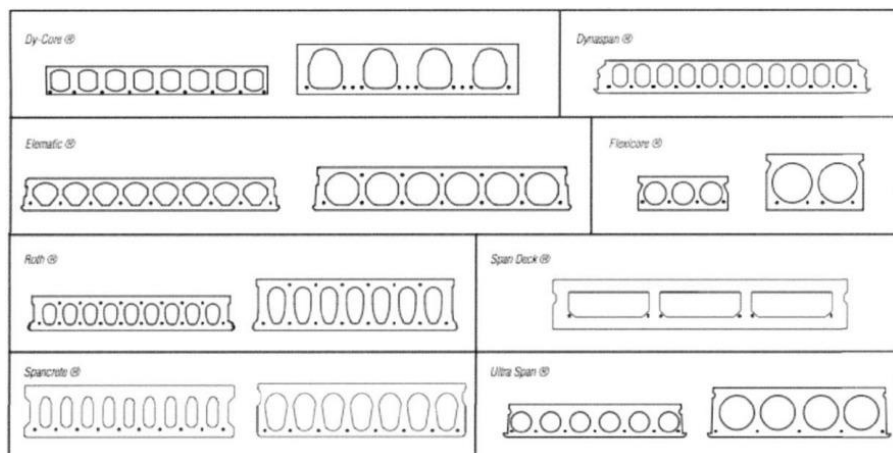
#### **2.2.1.2. Losas Alveolares**

A mediados del siglo XX, se creó el sistema de piso alveolar o alveolar para reducir la alta relación peso-resistencia de los sistemas de

hormigón típicos. Este concepto elimina y/o reemplaza hormigón desde el centro de la losa, donde es menos útil, con un material más ligero para disminuir el peso muerto del piso de concreto. Sin embargo, estas cavidades huecas significativamente disminuir la resistencia de las losas al cortante y al fuego, reduciendo así su integridad estructural.

Este sistema de piso generalmente viene en forma de tabloncillos prefabricados que van desde 4 pies hasta 12 pies de ancho y consisten en tiras de núcleo hueco con hilos de acero pretensado en el medio. El Gráfico 2 ilustra varios tipos de tabloncillos de núcleo hueco utilizados en la industria. Se combinan en el sitio para formar una losa unidireccional y se rematan con una fina capa de revestimiento (PCI).

**Gráfico 2**  
*Tipos de tabloncillos de núcleo hueco (PCI)*



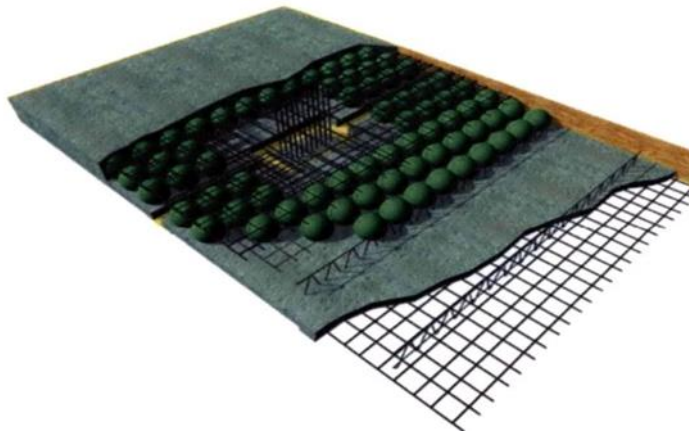
*Fuente:* Comportamiento estructural de las losas BubbleDeck y su aplicación a tableros de puentes livianos.

### 2.2.1.3. Inicios del uso de Bubbledeck

En la década de 1990, Jorgen Breuning inventó una forma de vincular el espacio aéreo y el acero dentro de una losa de hormigón biaxial alveolada. La tecnología BubbleDeck utiliza esferas hechas de material reciclado plástico industrial para crear vacíos de aire mientras proporciona

fuerza a través de la acción del arco. Ver Gráfico 3 para un corte de sección de un BubbleDeck. Como resultado, esto permite que la losa hueca actúe como una losa monolítica de hormigón de dos vías. Estas burbujas pueden disminuir el peso muerto hasta 35% y puede aumentar la capacidad en casi un 100% con el mismo espesor. Como resultado, las losas BubbleDeck pueden ser más livianas, fuertes y delgadas que las losas de concreto reforzado regulares (BubbleDeck-Reino Unido).

**Gráfico 3**  
*Sección de corte de BubbleDeck (Bubbledeck-UK)*



*Fuente:* Comportamiento estructural de las losas BubbleDeck y su aplicación a tableros de puentes livianos.

#### **2.2.1.4. Materiales**

- Concreto: El concreto está hecho de cemento Portland estándar con un tamaño máximo de agregado de 20 mm. No se necesitan plastificantes para la mezcla de concreto.

**Gráfico 4**  
*Construcción de losa alveolar biaxial*



*Fuente:* El sistema permite la realización de luces más largas, un montaje más rápido y menos costoso.

- Acero: El refuerzo de acero es de grado  $F_y60$  de resistencia o superior. El acero se fabrica en dos formas: capas de malla para soporte lateral y vigas diagonales para soporte vertical de las burbujas.
- Esferas de plástico: Las esferas huecas están fabricadas con polietileno de alta densidad reciclado o HDPE.

**2.2.1.5. Propiedades de la losa de cubierta de burbujas**

- a. Resistencia a la flexión La losa de cubierta de burbujas está concebida para omitir un volumen significativo de concreto (en comparación con una losa sólida) en el núcleo central donde la losa está principalmente sin tensión en flexión. En las losas, la profundidad del concreto comprimido suele ser una pequeña proporción de la profundidad de la losa y esto significa que casi siempre involucra solo el concreto entre la bola y la superficie, por lo que no hay una diferencia sensible entre el comportamiento de una losa maciza y Bubble Deck. Los únicos elementos que funcionan son la "capa" exterior

de hormigón en el lado de compresión y el acero en el lado de tensión. En términos de resistencia a la flexión, los momentos de resistencia son los mismos que para las losas sólidas siempre que esta profundidad de compresión se verifique durante el diseño para que no invada significativamente la bola.

- b. Resistencia al corte En cualquier losa plana, la resistencia al corte de diseño suele ser crítica cerca de las columnas. Los esfuerzos cortantes alejados de las columnas disminuyen rápidamente y fuera de las zonas de las columnas se ha demostrado mediante ensayos y cálculos que los esfuerzos cortantes transversales y longitudinales están dentro de la capacidad del sistema de losa de plataforma Bubble. Cerca de las columnas, las burbujas quedan fuera, por lo que en estas zonas una losa de tablero de burbujas se diseña exactamente de la misma manera que una losa maciza. La resistencia a cortante de la losa Bubble es 0,6 veces la resistencia a cortante de una losa maciza del mismo espesor. Si esto es excedido por el cortante aplicado, en una columna, por ejemplo, omitimos las bolas y usamos los valores de cortante completos.

Utilizando el Eurocódigo 2, calcularíamos el cortante aplicado en el perímetro  $2d$  y subsiguientes desde la cara de la columna según los requisitos del código, así como en la columna enfrentarse a sí mismo. Luego compararíamos esto



con nuestra resistencia calculada. Si el cortante aplicado es menor que la resistencia de la losa hueca no reforzada, no se requiere más verificación. Si el cortante aplicado es mayor que la resistencia de la losa hueca, omitimos las bolas y lo hacemos sólido y luego verificamos la parte sólida. La capacidad de corte se mide para dos relaciones de  $a/d$  (distancia desde la fuerza impuesta hasta el apoyo dividida por el espesor de la plataforma). Los resultados se muestran en la tabla 2. Si la resistencia sigue siendo mayor que la resistencia de la losa maciza y menor que el máximo permitido, proporcionamos armadura de cortante. Por estas razones, se demuestra que el diseño puede realizarse en todos los sentidos tratando la losa como una losa maciza, con las disposiciones antes mencionadas, todas las cuales se tienen en cuenta en el proceso de diseño. Por lo tanto, utilizamos el código Euro 2, que es totalmente compatible con el sistema, para nuestro diseño y que está algo más actualizado que BS8110. Punzonamiento la capacidad de corte promedio se mide al 91 % en comparación con los valores calculados de una plataforma sólida.

**Tabla 1**

*Comparación de la resistencia a la flexión en losa de tablero de burbujas y losa maciza*

En % de una plataforma sólida	Losa de pavimento de burbujas. Cubierta sólida		
	Misma fuerza	Misma rigidez a la flexión	Mismo concreto volumen
Fortaleza	100	105	150°
Rigidez a la flexión	87	100	300°
Volumen de Hormigón	66	69	100°
* En la condición de la misma cantidad de acero. El hormigón en sí mismo tiene un efecto 220% mayor			

*Fuente: Elaboración propia.*

- c. La durabilidad de la losa de cubierta de burbuja no es fundamentalmente diferente de las losas sólidas ordinarias. El concreto es de grado estructural estándar y combinado con una cubierta de barra adecuada determinada de acuerdo con EC2 o BS8110 proporciona el mayor control de durabilidad acorde con los estándares normales para losas sólidas. Cuando se fabrican las losas de filigrana, el módulo de refuerzo y las bolas se hacen vibrar en el hormigón y el estándar y la uniformidad de la compactación son tales que se produce una densidad de superficie de hormigón que es al menos tan impermeable y duradera, posiblemente más, que la normalmente producido en el sitio. Las juntas de la losa de la plataforma de burbujas tienen un chaflán en el interior para garantizar que el concreto rodee cada barra y no permita una ruta directa al aire desde la superficie de la barra de

refuerzo. Esta es principalmente una función de la resistencia al fuego, pero también es relevante para la durabilidad.

**Tabla 2**  
*Comparación de la capacidad a cortante en vigas con tablero macizo y losa de tablero de burbujas*

Capacidad de corte (en % de tablero sólido)	a/d=2.15	a/d=3
Cubierta sólida	100	100
Cubierta de burbujas, vigas aseguradas	91	78 (81)*
baraja de burbujas, vigas sueltas	77	
*Corregido para elementos de prueba con mayor tiempo de endurecimiento		

*Fuente:* Elaboración propia.

El agrietamiento en la losa de la plataforma Bubble no es peor, y probablemente mejor, que las losas sólidas diseñadas para trabajar con los mismos niveles de tensión. De hecho, la losa de cubierta de burbujas posee una malla continua, en la parte superior e inferior, en toda la losa y esto asegura que la restricción de la contracción esté bien proporcionada y que el agrietamiento se mantenga al mínimo, ya sea un agrietamiento intrínseco o extrínseco. A diferencia de un producto listo para usar, este es un sistema diseñado a medida para todos y cada uno de los proyectos. Por lo tanto, todas las peculiaridades de un proyecto se tienen en cuenta en el diseño, por lo tanto, no existe riesgo de mal uso del producto aplicándolo a usos para los que no está destinado

- d. Deflexión los cálculos de la relación de profundidad de la luz para las deflexiones son muy aproximados y no son apropiados en losas planas de disposición irregular, excepto en los casos más simples o sin importancia. El modelado FE,

incluido el análisis de la sección fisurada no lineal, se utiliza para calcular la deflexión utilizando hormigón estructural normal con un módulo de Young (secante)  $E_{cm}$ , multiplicado por 0,9 y una resistencia a la tracción,  $f_{ctm}$  multiplicada por 0,8 (para reducir el momento de fisuración como se mencionó anteriormente. Esto es principalmente significativo en el cálculo de curvaturas no fisuradas donde la geometría de la sección de hormigón es significativa pero su importancia es cada vez más insignificante después de la fisuración). Las flechas en la losa de cubierta de burbujas y la losa maciza se explican en términos de rigidez como se muestra en la tabla. Actualmente no es posible calcular la diferencia en las propiedades relacionadas con la edad en las partes de filigrana y de hormigón in situ. Esto no se considera una debilidad significativa.

- e. Aislamiento acústico. - Se realizó una comparación entre BubbleDeck y una plataforma hueca prefabricada unidireccional de altura similar. La reducción de ruido con BubbleDeck fue 1db más alta que con la plataforma hueca prefabricada unidireccional. El criterio principal para reducir el ruido es el peso de la plataforma y, por lo tanto, BubbleDeck no actuará de forma diferente a otros tipos de plataforma con el mismo peso. La construcción de la losa de cubierta Bubble sigue todos los criterios habituales y se puede calcular de acuerdo con los principios habituales. Los

resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 3. La construcción no se desvía, en modo alguno, de lo ya conocido y usado. La construcción es análoga a un sólido equivalente

- f. Contacto entre Burbujas y Refuerzo. - La posibilidad de cualquier contacto es solo teórica porque las bolas no encajan perfectamente entre las barras de refuerzo y se mueven ligeramente durante el montaje/la compactación del hormigón en el sitio, de modo que algo de lechada las rodea y proporciona una medida de pasivación. Sin embargo, incluso si hubiera contacto entre la bola y el acero, ¿el ambiente dentro del vacío está muy seco y protegido; tampoco hay ruptura (aparte de microfisuras) del concreto hacia el aire exterior. Es una situación mejor que la que existe con la inclusión de espaciadores de barras de refuerzo de plástico dentro de las losas sólidas que crean una discontinuidad dentro del concreto entre el aire exterior y la barra de refuerzo en las losas sólidas de concreto reforzado. Por lo tanto, tenemos una situación que es mejor que la existente con espaciadores de barras de refuerzo de plástico y estos han sido permitidos durante muchos años. Pruebas realizadas en Dinamarca, Alemania y Holanda demostraron que la rigidez a la flexión es aproximadamente del 87% al 93% del mismo espesor de losa maciza - En el diseño usamos un promedio del 90% y, además, el momento de fisuración

se factoriza por 80 % según lo recomendado en la investigación holandesa. De hecho, uno de los principales beneficios del sistema es su virtud de reducir las deflexiones para un tramo determinado porque la reducción de un tercio del peso compensa abrumadoramente la muy pequeña reducción de la rigidez.

- g. Resistencia al fuego. - La resistencia al fuego de la losa es un asunto complejo, pero depende principalmente de la capacidad del acero para retener suficiente resistencia durante un incendio cuando se calienta y pierde una resistencia significativa a medida que aumenta la temperatura. La temperatura del acero es controlada por el fuego y el aislamiento del acero del fuego. En cualquier caso, todo el hormigón se fisura y, en caso de incendio, es probable que escape el aire y se disipe la presión. Si se utiliza el material de burbuja estándar (HDPE), los productos de la combustión son relativamente benignos, ciertamente en comparación con otros materiales que también se quemarían en las inmediaciones. En un fuego intenso y prolongado, la losa se derretiría y eventualmente se carbonizaría sin un efecto significativo o detectable. La resistencia al fuego depende de la cobertura de hormigón durante casi 60-180 minutos. La resistencia al humo es aproximadamente 1,5 veces la resistencia al fuego. La profundidad sin humo es de

10 m en ambos lados. Las bolas simplemente se carbonizan.

No se liberarán gases tóxicos.

**Tabla 3**  
*Resultados de la prueba de aislamiento acústico*

	Dimensión de la instalación de sonido	Valores de adaptación de espectro adicionales (DIN ISO 717-1)						Nivel de sonido de impacto estándar
		$C_{50-3150}$	$C_{tr50-3150}$	$C_{50-5000}$	$C_{u50-5000}$	$C_{100-5000}$	$C_{tr100-500}$	
Dec	$R_w(C;Ctr)$							$L_{c,w}(C1;C50-3150)$
k								
Mm	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
230	55(-2;-7)	-2	-8	-1	-10	-1	-8	78(-11;-12)
340	57(-2;-7)	-3	-9	-2	-7	-2	-9	78(-13;-13)

*Fuente:* Elaboración propia.

### 2.2.1.6. Análisis de elementos finitos

Con el fin de comprender la respuesta del sistema, se realizó un análisis para comparar la respuesta de este nuevo tipo de piso con una losa de concreto sólida plana típica. Se modelaron una losa maciza 3D y una losa Bubble Deck en SAP2000 con todas las mismas dimensiones y como sistemas de piso de dos vías. Las losas biaxiales se modelaron a partir de un piso de oficina estándar con cada bahía de 4 mx 4 m de ancho y 230 mm de espesor, el Bubble Deck certificado de mayor profundidad. Hay cuatro bahías en el modelo completo, con dos bahías por lado y un total de 8 m por lado. Cada modelo de elemento finito de losa de oficina tiene aproximadamente 1296 elementos. La losa con los soportes de las columnas se muestra en el Gráfico 5.

La losa maciza se generó como caparazones gruesos de hormigón puro, mientras que la losa de Bubble Deck se designó como caparazón en

capas. Las burbujas están dispuestas de tal manera que alrededor de la columna se mantienen módulos de hormigón sólido a una distancia de cuatro módulos de burbujas, ya que el punzonamiento es mayor en las columnas. Para simplificar el modelo completo de Bubble Deck, se intercaló una capa rectangular de HDPE entre dos capas delgadas de concreto estándar solo en la parte superior e inferior. Consulte el Gráfico 6 para ver las capas simplificadas de Bubble Deck tal como se usaron en el análisis. La disposición de las burbujas en la losa se muestra en el Gráfico 5. Ambos modelos se sometieron a una carga viva de 10 kN además de su propio peso propio para el análisis estático.

Las propiedades del material utilizado son hormigón estándar M30 y HDPE que se tabulan en la tabla 4.

**Tabla 4**

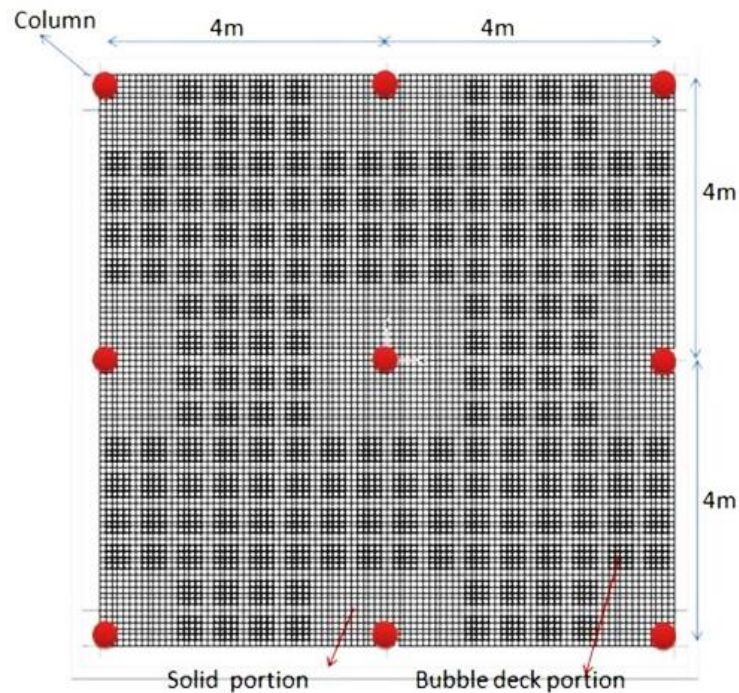
*Material utilizado son hormigón estándar M30 y HDPE*

Tensión de acero	Utilización de acero	Resistencia al fuego (mín.)				
		30	60	90	120	180
190	66%	17 mm	17 mm	17 mm	17 mm	...
286	100%	17 mm	29 mm	35 mm	42 mm	55 mm

*Fuente: Elaboración propia.*



**Gráfico 5**  
*Disposición de burbujas en la losa*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

**Gráfico 6**  
*Disposición de burbujas en la losa*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

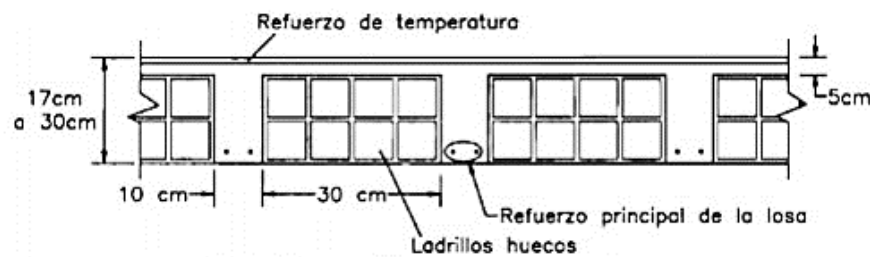
**2.2.1.7. ¿Qué es una losa aligerada?**

La losa aligerada son viguetas que son usadas en todo el trayecto en un sentido o en los dos sentidos separadas con un vacío o ladrillos de arcilla en la parte superior se cuenta con una losa plana de espesor mínimo y acero de temperatura.

Las limitaciones geométricas de las losas aligeradas con relleno permanentes que se indican en el Gráfico 6.

- El ancho de las nervaduras no debe ser menor de 100 mm. El peralte del relleno, no mayor que 3,5 veces el ancho mínimo del nervio. Es decir,  $b_w \geq 100 \text{ mm}$  y,  $\min 5,3 w h \leq b$ .
- La separación libre entre las nervaduras no debe exceder de 750 mm. Dicho en otras palabras,  $s \leq 750 \text{ mm}$ .
- El espesor de la losa de concreto sobre rellenos permanentes no será menor de 40 mm, ni menor que  $1/12$  de la distancia libre entre nervaduras. Esto es,  $t \geq 40 \text{ mm}$ ,  $t \geq s/12$ .

**Gráfico 7**  
*Geometría de una losa aligerada*



*Fuente:* Detalle de aligerado según Harsem (2002).

En esta Gráfico se puede apreciar la sección de la losa aligerada conformada por ladrillos y viguetas para el diseño de estas se analiza la vigueta más crítica para luego utilizar el mismo diseño en todas las demás y que sean uniformes:

- El espesor mínimo de las losas sin vigas interiores que se extiendan entre los apoyos y que tienen una relación entre lados no mayor que 2, debe estar de acuerdo con lo requerido como se muestra en la tabla 1 de la norma E060 y no debe ser inferior que los siguientes valores:
- Losas sin ábacos como se definen en 125 mm.

- Losas con ábacos como se definen en 100 mm.

**Tabla 5**  
*Espesor mínimo de losas sin vigas interiores*

Fy Mpa	Paneles exteriores		Paneles interiores	Paneles exteriores		Paneles interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde		Sin vigas de borde	Con vigas de borde	
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
520	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34

*Fuente:* Espesor mínimo de losas no pre esforzadas en dos direcciones (Norma

E060 Concreto Armado).

Cuando se usa un ábaco para reducir la cantidad de refuerzo por momento negativo sobre una columna o el espesor mínimo requerido para una losa, el ábaco debe proyectarse bajo la losa al menos un cuarto del espesor de la losa fuera del ábaco y debe extenderse en cada dirección desde la línea central de apoyo una distancia no menor a un sexto de la longitud del vano medida al centro de los apoyos en esa dirección. (13.2.6. Norma E060 Concreto Armado).

El espesor mínimo  $h$  para losas con vigas que se extienden entre los apoyos en todos los lados debe ser:

- Para  $\alpha_{fm} \leq 0.2$ ; se aplican las disposiciones de (a) y (b)
- Para  $0.2 < \alpha_{fm} < 2.0$ ;  $h$  no debe ser menor que:

$$h = \frac{l_n \left( 0.8 + \frac{fy}{14000} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)}$$

Pero no menor que 125 mm.

- Para  $\alpha_{fm} > 2.0$ ;  $h$  no debe ser menor que:

$$h = \frac{l_n \left( 0.8 + \frac{fy}{14000} \right)}{36 + 9\beta}$$

Pero no menor que 90 mm.

- El termino  $\beta$  es la relación de la luz libre en la dirección larga a la luz libre en la dirección corta de la losa.
- $\alpha f m$  es el valor promedio de  $\alpha f$ .

El espesor mínimo de losas con vigas entre apoyos, es función de  $\alpha f m$  cual es igual al promedio de los valores de  $\alpha f$  correspondientes a las vigas que limitan el paño. El parámetro  $\alpha f$  se determina a través de la siguiente expresión:

$$\alpha f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

Donde:

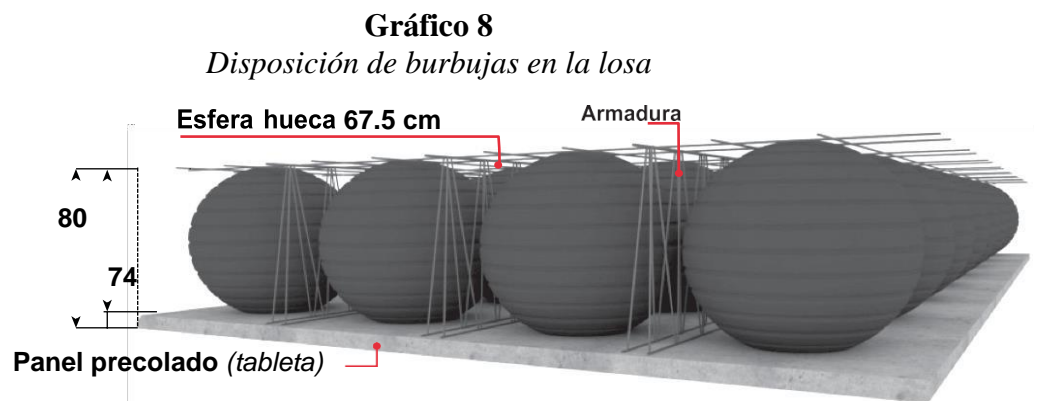
- $E_{cb}$  = Módulo de elasticidad del concreto de las vigas.
- $E_{cs}$  = Módulo de elasticidad del concreto de la losa.
- $I_b$  = Momento de inercia de la sección bruta de la viga respecto a su eje centroidal.
- $I_s$  = Momento de inercia de la sección bruta de la losa respecto a su eje centroidal.

### 2.3. Definición de términos básicos

- a) Resistencia a compresión. – Es un ensayo que se coloca una muestra cilíndrica donde se aplica una fuerza hasta la rotura obteniendo la capacidad de carga.
- b) Diseño óptimo de la mezcla. – Es la proporción adecuada de los materiales que cumple el diseño.
- c) Vaciado de concreto. – En este proceso es mantener el concreto fresco a húmedo hasta el área establecido.

- d) Curado de concreto. - Es el proceso elaborado con cemento hidráulico dando una hidratación continua y evita que se presentan fisuras.
- e) Fraguado del concreto. – consiste en el proceso de endurecimiento o pérdida de plasticidad en el hormigón debido a las reacciones que compone el cemento.
- f) Trabajabilidad del concreto. - es el proceso donde el concreto tiende a ser moldeable con una mínima pérdida de homogeneidad.
- g) Plasticidad. – es donde el concreto fresco puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado; sin segregación ni exudación.
- h) Consistencia. – es donde el concreto llega a tener una resistencia a la deformación en el estado fresco sin deformarse ocupando los espacios vacíos donde se coloca.
- i) Demolición. – consiste en los derribos de construcciones generando escombros de materiales.
- j) Valorización. – consiste en cuantificar la economía de acuerdo a un avance físico de una obra de tallando el monto total de la obra con saldo a cancelar.

### 2.3.1. Incorporación bubbledeck a la losa



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

**Tabla 6**  
*Descripción de losa y peralte*

<b>Esferas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Diámetro de esfera</b>	67.50	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.161	M <sup>3</sup>
<b>Peso de esfera</b>	3.00	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	64	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	0.28	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	192.00	Kg

<b>Concreto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peralte de losa</b>	80	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

<b>Armadura</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de armadura</b>	1.94	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	69.93	Kg

<b>Malla electrosoldada</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	195.14	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	195.14	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	390.28	Kg

<b>Densidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	1.77	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	1.94	Kg/m <sup>2</sup>

<b>Densidad de mallas</b>	390.28	Kg/m <sup>2</sup>
---------------------------	--------	-------------------

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5404.21	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	16.704	M <sup>3</sup>

*Fuente:* Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). Fichas técnicas, primera edición.

### **2.3.2. Planeación**

Como parte fundamental de todo proceso constructivo, es necesario realizar a detalle una planeación previa a la construcción del proyecto, que inicia desde la concepción del mismo hasta la entrega de la obra en funcionamiento siendo esta la clave del éxito para una correcta ejecución.

### **2.3.3. Transporte y almacenaje**

El transporte se realiza a partir de plataformas con superficie plana de entre 12 a 13.6 metros de largo, sin incluir la cabina del chofer. Apilando los paneles sobre polines de 50 mm entre cada capa, hasta llegar a los 2.5 metros de altura.

**Gráfico 9**  
*Transportación de los paneles*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

#### **2.3.4. Izaje**

La descarga de los paneles en la obra será de la siguiente manera:

- Cada panel será izado por medio de eslingas que pasan alrededor o debajo de los emparrillados, o con ganchos de elevación anclados alrededor de las armaduras. Estos deberán estar atados por debajo de los ángulos superiores de las diagonales de la armadura, nunca en la malla de refuerzo superior, por cuestiones de seguridad.

**Gráfico 10**  
*Ubicación del gancho de Izaje*

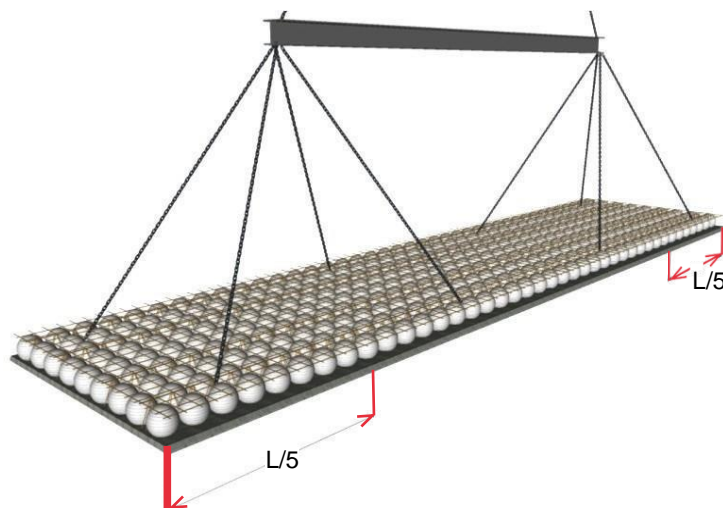


*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.



- La parte superior del sistema de Izaje (4 cadenas) debe tener un mínimo de longitud de 6 metros. Las ramificaciones o cadenas de los ganchos de Izaje deben tener la misma longitud. Cuando este en uso, debe tomarse en cuenta que las fuerzas de elevación deben ser iguales en cada gancho o punto y elemento debe estar horizontal durante todo el proceso. Como recomendación todo el equipo de Izaje debe estar probado y certificado, capaz de izar un mínimo de 2 toneladas. Antes de levantar, habrá que atar cuerdas adecuadas en dos esquinas opuestas del elemento para guiarlo a su posición final en las vigas de apuntalamiento.

**Gráfico 11**  
*Procedimiento correcto de Izaje para los paneles*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

### **2.3.5. Apuntalamiento**

Se denomina como apuntalamiento temporal a las vigas y puntales encargadas de soportar el peso de los paneles prefabricados, el concreto colado en sitio y las cargas adicionales generadas después del colado.

**Gráfico 12**  
*Cimbrado de paneles*

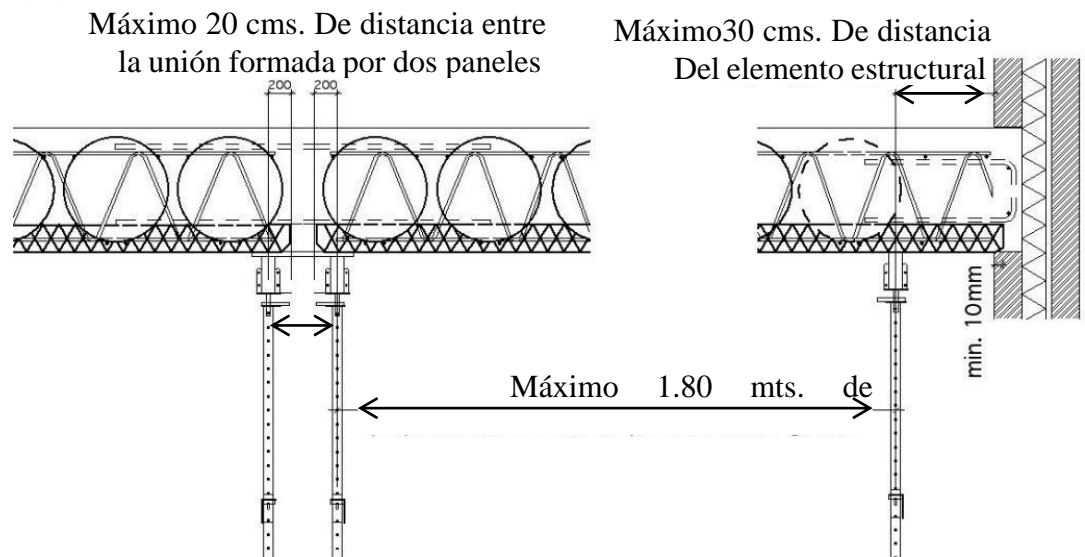


*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

Es primordial por parte del constructo diseñar un plano de apuntalamiento para prevenir inconvenientes en obra y que cumpla con las recomendaciones mencionadas a continuación:

- La colocación de las vigas debe ser de sentido paralelo a la dirección de los refuerzos interiores del panel (armadura) y con una separación máxima de 1.80 metros entre ellos. Véase detalle en el Gráfico.
- La unión que se forma entre dos paneles también deberá ir apuntalada, dejando como máximo una separación de 20 cm entre puntales. Véase detalle en el Gráfico.

**Gráfico 13**  
*Dimensiones máximas de apuntalamiento*



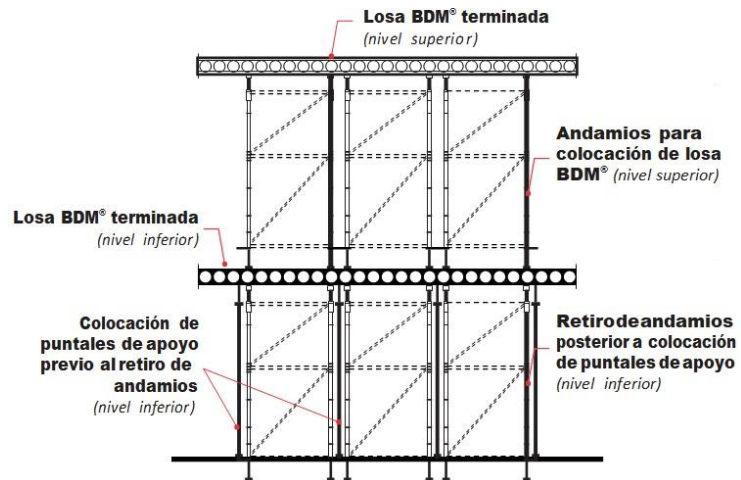
*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

Ahora bien, después de haber vaciado la primera losa necesitaremos empezar a cimbrar las losas subsecuentes, por lo tanto, también es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- De acuerdo con el tiempo y tipo de fraguado del concreto vaciado en la losa, se estima que después de 5 días del vaciado y/o hasta que haya alcanzado por lo menos el 60% de su resistencia se podrán retirar los andamios y vigas de las losas.
- Colocar puntales de apoyo que irán en intervalos de 1.8 m (sin vigas paralelas) al menos a la mitad o al tercio del claro (dependiendo de la longitud del claro involucrado) para posteriormente remover los andamios de la losa inferior.

### Gráfico 14

Primer paso para el apuntalamiento de la losa inferior

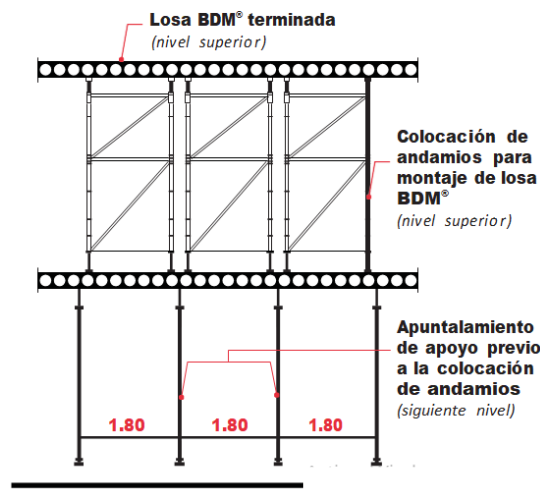


Fuente: Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

- Los andamios anteriormente retirados se colocarán sobre la losa ya terminada para utilizarse como cimbra para la nueva losa. Y así consecutivamente.

### Gráfico 15

Segundo paso el apuntalamiento de lasas subsecuentes



Fuente: Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

#### 2.3.6. Cimbra perimetral

Esta será colocada después de haber fijado los refuerzos perimetrales y será de la siguiente manera:

- Se Fijarán tiras de 1.00 x .50 mts. a lo largo del perímetro en la parte superior e inferior. La parte inferior de la tira se fijará al sistema de puntales, mientras que la parte superior será a los tornillos previamente colocados en la parte superior de la cimbra a la malla de refuerzo superior.
- La cimbra se podrá retirar de 3 a 5 días después del vaciado en sitio y siempre y cuando las primeras pruebas de concreto confirmen que se ha adquirido al menos un 60% de su resistencia final.

### **Gráfico 16**

#### *Detalle del cimbrado perimetral del panel*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

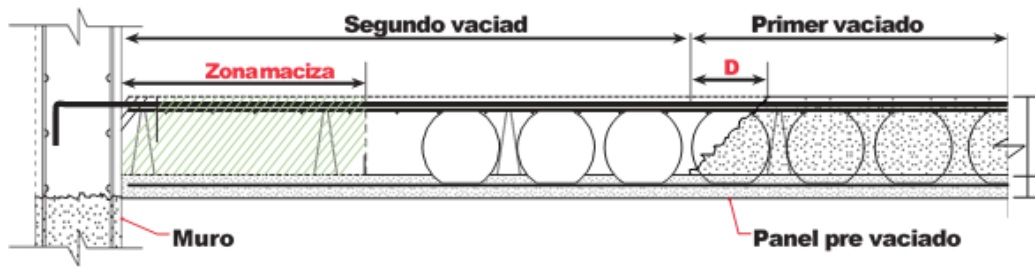
#### **2.3.7. Cimbra perimetral estructural**

Como en cualquier tipo de estructura en la que se va a requerir el uso de concreto, es importante una revisión previa de los elementos a colar para asegurar la resistencia y durabilidad para lograr un correcto vaciado en la losa se seguirá los siguientes procedimientos:

- a) Delimitar la distancia (D) a la que le corresponde un ángulo de  $45^\circ$ , donde  $D = h$  de losa - 6cm. Esta sección es mejor conocida como donde se interrumpió el vaciado.

**Gráfico 17**

*Vista en corte del terminado del primer vaciado*

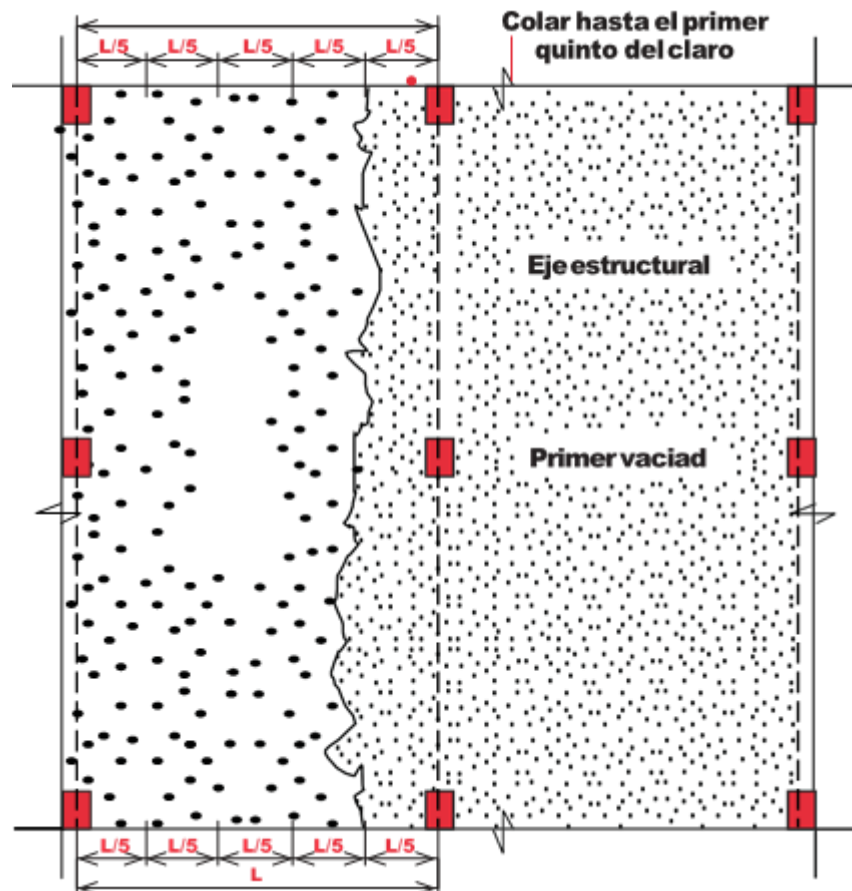


*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

- b) Identificar los quintos del claro ( $L/5$ ) de la losa y marcar el eje estructural.
- c) Una vez teniendo marcados los quintos del claro se comenzará con el primer vaciado, para lo cual se requiere en primera instancia vaciar el concreto en los elementos de soporte (muros y/o columnas).

**Gráfico 18**

*Procedimiento detallado para un vaciado correcto*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

HG: Las losas con vacíos esféricos (bubbledeck) nos da un excelente comportamiento estructural frente a la losa convencional.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

HE1: Las secciones estructurales empleando el sistema bubbledeck sería mínimo frente a una losa aligerada.

HE2: El sistema de carga de servicios sería más altas en el bubbledeck que en la losa aligerada.

HE3: Las losas con vacíos esféricos serían los más económicos por su poca utilidad del hormigón frente a la losa convencional.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente

X: Diseño del análisis estructural con cargas en los tipos de losas.

### 2.5.2. Variable dependiente

Y: Resistencia de la losa.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 7**  
*Operacionalización de la variable independiente*

<b>Variabales</b>	<b>Indicadores</b>
Diseño del análisis estructural con cargas en los tipos de losa.	- Sistema estructural. - Análisis del comportamiento de cargas. - Costos y beneficios de la estructura. - Métodos de cálculo. - Distribución de momentos positivos y negativos.

- 
- Comportamiento de losas con pelotas de plástico recicladas.
- 

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 8**  
*Operacionalización de la variable dependiente*

---

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
Resistencia de la losa	<ul style="list-style-type: none"><li>- Predimensionamientos.</li><li>- Resistencia al hormigón.</li><li>- Tipo de armado de losas.</li></ul>

---

*Fuente:* Elaboración propia.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Esta investigación tiende a ser APLICADA, aplicada que muestra el diseño de la parte estructural en una vivienda de concreto armado y un estudio donde se ha realizado una comparación entre una losa con vacíos esféricos (bubbledeck) y una losa convencional porque se puso en uso conocimientos, teorías y estudios previos para buscar un mejor comportamiento mecánico de las losas mediante la adición de esferas de plástico en las losas.

La investigación de tipo aplicada se define como el uso de conocimientos prácticos Orientadas a mejorar, perfeccionar u optimizar el funcionamiento de los sistemas, los métodos, normas, sucesos tecnológicos de acuerdo a los avances de los conocimientos y la tecnología; por ende, este tipo de estudio no se presta a la calificación de verdad, falso o probable sino a la de eficiente, deficiente. (Ñaupas H.M, 2013, pág. 69 - 70).

### **3.2. Nivel de investigación**

Esta investigación se desarrollará bajo el nivel de investigación DESCRIPTIVO en todo el proceso que conlleva el desarrollo de esta misma, primeramente, debido a que se trata de un tema poco estudiado en el ámbito de la construcción, tomará en cuenta la descripción de los resultados a obtenerse mediante comparaciones y análisis con los datos obtenidos. (Hernández Sampieri & Mendoza, 2018).

### **3.3. Método de investigación**

La investigación pertenece al MÉTODO CIENTIFICO, que establece un proceso racional y sistemático de procedimiento, técnicas, instrumentos, que manifestara nuevas relaciones, nuevas cualidades y características para resolver el problema de investigación o la hipótesis.

A causa de que la investigación fue CUANTITATIVA y los datos obtenidos tanto por cálculos matemáticos como por software Ansys. Se realizó una comparación de resultados de comportamiento estructural, proceso constructivo, costos. Para lo cual se efectuó tablas, gráficos y cálculos matemáticos para interpretar los resultados obtenidos de la investigación.

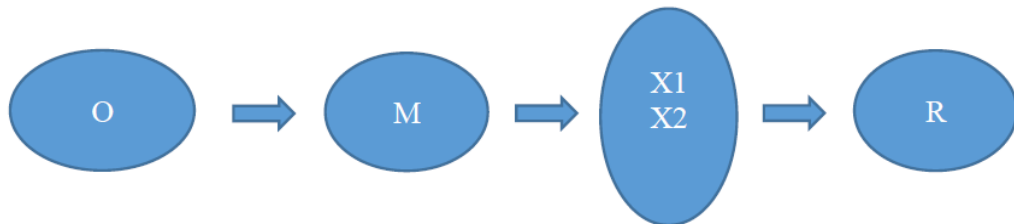
Una investigación cuantitativa es la forma de recopilar datos obtenidos y analizarlos de distintas fuentes donde se puede hacer uso de herramientas como estadísticas, o también matemáticas y así obtener resultados. (Alan Neill).

### **3.4. Diseño de investigación**

El siguiente proyecto de investigación fue no experimental de corte transversal, nivel Descriptiva - Exploratoria, ya que es una investigación poco estudiada. Realizando diseños para posteriores estudios donde no se manipula ninguna variable para poder visualizar otra variable.

Una investigación no experimental se ejecuta sin manipulación de las variables donde fundamentalmente se basa en la observación de posibles fenómenos y también como se encuentra en un contexto natural donde después se pueda analizar. (Dzul Escamilla, Marisela 2013).

**Gráfico 19**  
*Ideograma del diseño de investigación*



*Fuente:* Comportamiento estructural de la losa de cubierta de burbujas.

Donde:

- O: es la observación de la variación de las variables a través de análisis documentarios, análisis matemáticos
- M: es la muestra en la cual se adiciona las esferas de plástico en la losa X1, X2= X1 losa maciza, X2 losa con esferas de plásticos.
- R: resultado de losa maciza y losa con esferas de plásticos.

### **3.5. Población y muestra**

Esta investigación es experimental; debido a que realizaremos dos análisis estructurales.

#### **3.5.1. Población**

En esta investigación se tomará a losas con vacíos esféricos (bubbledeck). La siguiente investigación se enfocó en una edificación de 4 pisos, de modo que, la población sería el proyecto que consiste en la edificación de una vivienda de cuatro pisos de hormigón armado sin vigas, aliviadas por esferas de plástico (sistema bubbledeck).

### **3.5.2. Muestra**

Se tomó de estudio a las losas esféricas. Según las características de la investigación que se planteó la muestra está conformado por un proyecto de vivienda de cuatro pisos de hormigón armado sin vigas aligerada por esferas de plástico.

La muestra es una parte del universo o de una población donde se llevará a cabo una investigación donde existe procedimientos donde se obtiene la cantidad de muestras como puede ser formulas, lógica, etc. la muestra representa una parte de la población (PL Lopez, 2004 pag.69).

### **3.5.3. Muestreo**

Se aplicará el muestreo probabilístico. Muestreo es un método que selecciona componentes de una muestra donde hay un conjunto de reglas, en las cuales hay una selección de una parte de la población donde representa a todo en conjunto a la población. (MATA et. 1997:19).

## **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó la técnica:

- Análisis documentario, debido a que se recolecto información a través de fuentes documentales relativas al tema estudiada se revisara las redacciones de artículos y tesis relacionado al tema de losas con vacíos esféricos (bubbledeck).
- El análisis documentario se extrae algunas nociones del documento para mostrar y facilitar la entrada a documentos originales. cubre desde una identificación externa de dicho documento mediante elementos formales de autor, editorial, año de publicación, etc. (Rubio Liniers, 2005).

- La observación se realizó una inspección de las fallas que pueda darse en las losas rajaduras sobre la estructura y deformación por flexión. El comportamiento tanto de una losa maciza y losa aliviada con esferas de plástico. La técnica de observación utiliza el investigador donde observa el fenómeno a estudiar directamente sin ejercer nada sobre lo estudiado sin modificar nada o realizar cualquier manipulación. (zapata, 2006 pg 145).

### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

Se recopiló datos de acuerdo a las técnicas empleadas, para la investigación se realizó.

- En la técnica de análisis documental se hizo uso de revisión documental como instrumento, donde se encontró reportes de laboratorio de trabajos de investigaciones anteriores o similares al tema y revisión de bibliografías que están relacionados al tema que se encontraron, para lograr las metas de los objetivos se usarán Software de diseño y cálculos AutoCAD 2018 y Ansys. Todos los instrumentos que miden características de variables en las cuales los instrumentos que miden distintas variables y obtiene información a través de datos obtenidos de los instrumentos donde se descubren los éxitos o fracasos. Cuando el estudiante no puede medir directamente se hace una recopilación de información que le pueda ser útil o de interés utilizando instrumentos como, por ejemplo: análisis documental, lista de cotejo, etc., en caso de no ser así el investigador debe observar en las variables y así emplear guía de observación como instrumento. (Ñaupas Paitán, Mejía Mejía, Novoa Ramírez, & Villagómez Paucar, 2014).
- Para la técnica de observación se hizo uso de una ficha de registro de observación en la cual se anotaron datos, como los datos y resultados que se

obtuvo del análisis sismo resistentes en el Software Ansys. La ficha de investigación es usada para medir o analizar un objeto donde el investigador obtiene información de un objeto. (JL Arias Gonzáles · 2020).

### 3.6.3. Equipo informático

Para el desarrollo de los objetivos propuestos en el proyecto de investigación, se utilizará un equipo tecnológico e informativo, así mismo se utilizan dos softwares informáticos relacionados a la tecnología Ansys para el desarrollo del trabajo de investigación.

**Gráfico 20**

*Ordenador HP ProBook Utilizado en el Desarrollo del Proyecto*



*Fuente:* (HP Componentes, 2020).

Con el propósito de disponer con un buen equipo informático y condiciones requeridas para los trabajos que se realizan en la metodología BIM de opto por utilizar un ordenador portátil HP - ProBook 450 G8 cuyas especificaciones son las siguientes:

- Procesador: Intel Core i7
- Controlador gráfico: GeForce RTX 2060, GDDR6 6GB
- Memoria RAM: DDR IV 16GB\*2 (2666MHz)

- Almacenamiento 1TB NVMe PCIe Gen3x4 SSD
- Pantalla 15.6" FHD (1920x1080), IPS-Level gaming panel 120Hz Thin Bezel
- Cámara de portátil HD type (30fps@720p)
- Conectividad Gb LAN Intel Wireless-AC 9560 (2\*2 a/c) + Bluetooth v5
- Micrófono Sí
- Batería 6 celdas de Ion de litio 51 Whr
- Sistema operativo Windows 11 Home
- Dimensiones 357.7 x 248 x 27.5 mm
- Peso 2.3 Kg.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

#### **3.7.1. Procedimiento**

Para la selección de la vivienda a evaluar y verificar el comportamiento de la losa con esferas de plástico se realizó el siguiente procedimiento:

- Se realizó un plano de una vivienda para nuestra muestra con software AutoCAD Ansys. De acuerdo a reglamento nacional de edificaciones (RNE) E060, E030.
- Se calculó el espesor de la losa de nuestra muestra. La losa con esferas de plástico BubbleDeck posee una resistencia similar al de la losa maciza. (Díaz Veitía, 2017). según norma ACI 218 plantea que en las secciones de una losa de dos direcciones sin vigas interiores:  $(L_n/33)$ .
- Se realizó el predimensionamiento de las columnas. De acuerdo a los tipos de carga que se someterá según la norma E020.
- Se analizó los resultados de la losa maciza y losa BubbleDeck expuestas a cargas estáticas para estudiar la distribución de fuerzas y momento de

flexiones en las losas con software Ansys. De los datos obtenidos se realizó una tabla para poder analizarlo posteriormente.

### **3.7.2. Método de análisis de datos**

A causa de que la investigación fue cuantitativa y los datos obtenidos tanto por cálculos matemáticos como por software Ansys. Se realizó una comparación de resultados de comportamiento estructural, proceso constructivo, costos. Para lo cual se efectuó tablas, gráficos y cálculos matemáticos para interpretar los resultados obtenidos de la investigación.

Una investigación cuantitativa es la forma de recopilar datos obtenidos y analizarlos de distintas fuentes donde se puede hacer uso de herramientas.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

El tratamiento de la técnica de Estadística descriptiva para las variables, será mediante tablas, cuadros, gráficos y otros, que serán depurados de vicios, seleccionados así también se realizará la retroalimentación para obtener resultados confiables y fiables.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

La presente investigación lo realizamos con los procedimientos normados con sus generalidades y alcances de acuerdo a las disposiciones generales de Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales 2022 de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC).

Los datos obtenidos serán verídicos que serán sustentadas mediante un software simulador, por lo que, no se cometerá faltas éticas: como plagio, fabricación de plagio, etc., se está considerará hasta la sustentación de la Tesis.



### **3.9.1. Beneficencia**

Se desarrolló en base al principio de la beneficencia pues ayuda en la reducción de costos y reducción de material de concreto.

### **3.9.2. No maleficencia**

Así mismo el principio de la no maleficencia debido a que no ocasionaron daños durante la investigación más al contrario ayuda a reducir la contaminación de residuos plásticos.

### **3.9.3. Autonomía**

Así mismo el principio de autonomía puesto que en la investigación se pudo tomar decisiones y asumir por ello.

### **3.9.4. Justicia**

También estará bajo el principio de justicia puesto que se buscó determinar las características relevantes en el proyecto de investigación.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

Para el proyecto de la vivienda de cuatro pisos se utilizó el software Ansys obteniendo resultados matemáticos con análisis de comportamientos sísmicos en losas de sistema bubbledeck y de losas aligeradas, aplicando sus cargas adicionándole sus cargas vivas y cargas muertas que se analizó respectivamente para luego mostrar y comparar los resultados.

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

##### **4.2.1. Espesor de la losa**

Calcular el espesor de la losa de una vivienda aplicando el sistema bubbledeck”. se halló este resultado en base a la norma E060 pág. 59.

- Se calculó de espesor de la losa según norma E060.

**Tabla 9**  
*Espesor de la losa*

Fy Mpa	Paneles exteriores		Paneles interiores	Paneles exteriores		Paneles interiores
	Sin vigas de borde	Con vigas de borde		Sin vigas de borde	Con vigas de borde	
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
520	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34

*Fuente: Norma Técnica de Edificación NTE E060 pág. 59.*

En la tabla 9, se puede identificar los valores para realizar una construcción en ambas direcciones Ln es la luz más larga en la edificación medida entre columnas y con viga.

Sobre la columna y se sitúa bajo la losa. para losa con vigas en la relación de rigidez en la viga de borde no debe ser menor a 0.8. Fy el espesor mínimo de barra.

Según formula:

- $h = l_n / 33$
- $h = 5.95 / 33$
- $h = 0.180$  en la cual se asumió  $h = 0.23$  cm.

Por ser un espesor mínimo para este tipo de sistema bubbledeck. Se debe cumplir el espesor mínimo de acuerdo a la norma.

**Tabla 10**  
*Parámetro de losas según especificaciones bubbledeck)*

	Espesor de losa (cm)	Diámetro de esfera (cm)	Luz libre recomendado (m)	Peso propio kg/m	Concreto (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
BD230	23	18	7 a 10	370	0.15
BD280	28	22.5	8 a 12	460	0.19
BD340	34	27	9 a 14	550	0,23
BD390	39	31.5	10 a 16	640	0,25
BD450	45	360	11 a 18	730	0.31

*Fuente: Norma Técnica de Edificación NTE E060 pág. 59.*

En la siguiente tabla se especifica el espesor de losa que recomienda bubbledeck según la luz de cara columna a columna como también el diámetro de las esferas de plástico.

**Tabla 11**  
*Parámetro de Diseño*

<i>Voladizo máximo admisible en (cm):</i> espesor de la losa (h) x 10
<i>Peso de área maciza (kg/m<sup>2</sup>):</i> espesor de la losa en (m) x 2400 kg/m <sup>3</sup>
<i>Peso de área alivianada (kg/m<sup>2</sup>):</i> [espesor de la losa en (m) x 2400 kg/m <sup>3</sup> ] x 0.66
<i>Volumen de hormigón área maciza (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>):</i> espesor de losa (m)
<i>Volumen de hormigón área alivianada (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>):</i> espesor de losa (en m) x 0.66
<i>Cuantía de acero de losa alivianada:</i> =100kg/m <sup>3</sup>
<i>Dimensionamiento área de punzonado (radio alrededor de columna):</i> L (luz principal en cm)/6

*Fuente:* Sistemas constructivos sustentables PRENOVA).

La tabla 11 nos muestra la tabla de diseño para voladizos, cálculo del peso para un área de losa maciza, cálculo de una losa alivianada por esferas de plástico.

#### **4.2.2. Consideraciones sísmicas**

Las consideraciones adoptadas para poder realizar un análisis dinámico de la edificación son tomadas mediante movimientos de superposición espectral, es decir, basado en la utilización de periodos naturales y modos de vibración que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

#### 4.2.2.1. Zonificación (Z):

De acuerdo a la Norma E.030 de Diseño Sismorresistentes se asigna un factor “Z” a cada una de las 4 zonas del territorio nacional.

Para el presente proyecto en estudio se asignó un factor de zona en función a la ubicación, la zona (Fzona = “Corresponde a Zona 3 y su factor es:  $Z=0.35$ ”) posee un factor de zonificación de  $Z=0.35$

#### 4.2.2.2. Parámetros del suelo (S):

Para efectos de la aplicación de la norma E.030 de Diseño Sismorresistentes se considera que el perfil de suelo para la zona de estudio es de tipo:

Tipo suelo = “S2: Suelos Intermedios”

Los parámetros de sitio son los siguientes:

- El factor de amplificación de suelo se considera:

$$S=1.15$$

- Los parámetros TP y TL, asociados con el tipo de suelo son:

$$TP = 0.6 \text{ s}$$

$$TL = 2 \text{ s}$$

#### 4.2.2.3. Factor de amplificación sísmica (C):

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica © por la siguiente expresión:

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 * (T_P/T)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 * (T_P * T_L / (T^2))$$

El valor de este factor en nuestro proyecto será de:

$$C_{CX}=2.5 \quad C_{CY}=2.5$$

#### **4.2.2.4. Categoría de las edificaciones y factor de uso (U):**

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, el presente proyecto es clasificado según la E.030. Diseño Sismorresistente como  $C_{edf} =$  “Categoría A: Edificaciones Esenciales” la norma establece un factor de importancia  $F_{USO}=1.5$ , que es el valor que se tomará para los análisis.

#### **4.2.2.5. Sistemas estructurales (R):**

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección. De acuerdo a la clasificación de una estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica ( $R=R_0 * I_a * I_p$ ) que en el presente estudio será de:

$$R_x=8 \quad R_y=8$$

Se consideraron las irregularidades tanto en elevación como en altura.

#### **4.2.3. Comportamiento sísmico**

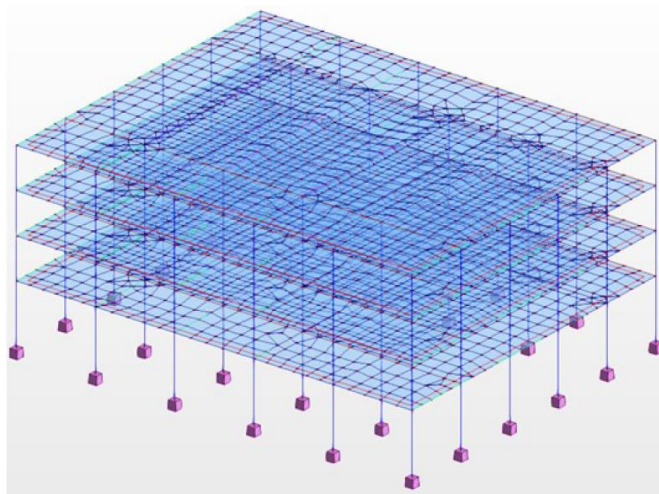
De acuerdo a los procedimientos señalados y tomando en cuenta las características de los materiales y cargas que actúan sobre las estructuras e influyen en el comportamiento de las mismas ante las sollicitaciones sísmicas, se muestra a continuación el análisis realizado para la obtención de estos resultados.

- $Z = Z 0.35$
- $F_{USO} = 1.5$
- $C_{CX} = 2.5$
- $C_{CY} = 2.5$
- $S_s = 1.15$

- $R_x = 8$
- $R_y = 8$

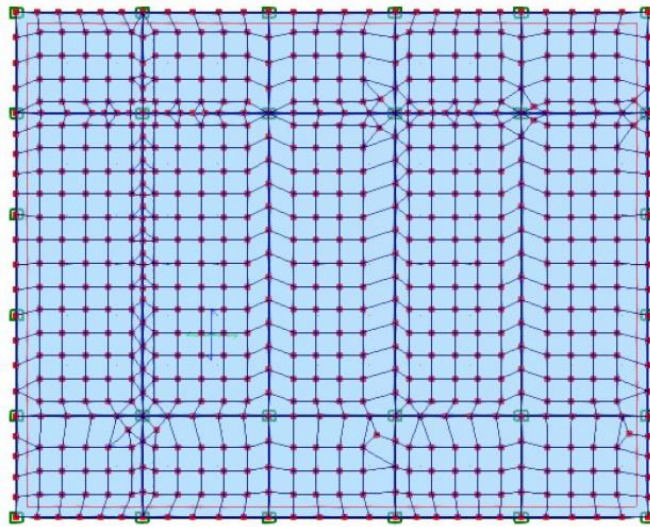
El comportamiento dinámico de las estructuras se determina mediante la generación de modelos matemáticos que consideren la contribución de los elementos estructurales tales como vigas, columnas, muros de concreto y muros de albañilería en la determinación de la rigidez lateral de cada nivel de la estructura. Las fuerzas de los sismos son del tipo inercial y proporcional a su peso, por lo que es necesario precisar la cantidad y distribución de las masas en la estructura.

**Gráfico 21**  
*Isométrico Modelo Pseudotrídimensional*



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Gráfico 22**  
*Vista en Planta Modelo Pseudotridimensional*



*Fuente: Elaboración Propia.*

**4.2.3.1. Estimación del periodo fundamental de la estructura**

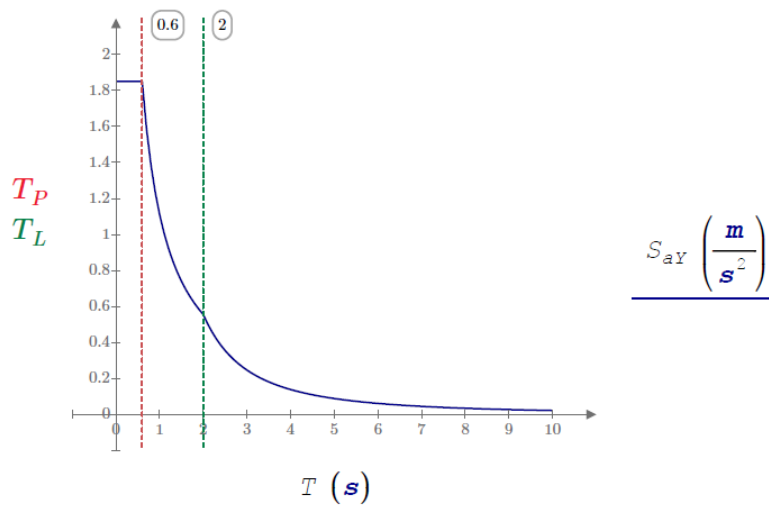
La Altura de la edificación obtenida por la Norma técnica E.030 2014 (decreto n003-2016 y RM-043-2019, 4.5.4.), es:  $h_n=11.2m$

Periodo fundamental-método empírico:

$$C_{TX} = 60 \quad C_{TY} = 60$$

$$T_{xx} = 0.167s \quad T_{yy} = 0.167s$$

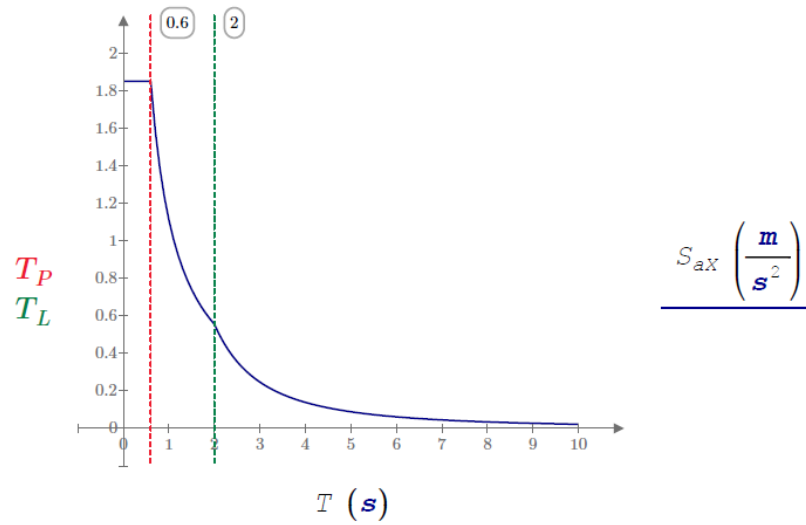
**Gráfico 23**  
*Espectro de Pseudo-Aceleraciones X-X*



*Fuente: Elaboración Propia.*



**Gráfico 24**  
*Espectro de Pseudo-Aceleraciones Y-Y*



*Fuente:* Elaboración Propia.

Para “Evaluar el comportamiento sísmico del sistema bubbledeck y losa aligerada en una vivienda de cuatro pisos”. Se realizó el comportamiento sísmico aplicando el sistema bubbledeck y de una losa aligerada con el software Ansys.

- Se utilizó para el concreto armado las siguientes propiedades:
  - Peso unitario = 2.400 kg/ m<sup>3</sup>
  - Resistencia a compresión = 210 kg/cm<sup>2</sup>
  - Módulo de poisson = 0.2
  - Módulo de elasticidad = 217.370,65 kg/cm<sup>2</sup>
- Se consideró para el modelamiento su carga muerta:
  - Concreto = 2.400 kg/m<sup>3</sup>
  - Losa = 350 kg/cm<sup>2</sup>
  - Piso terminado = 100kg/cm<sup>2</sup>
  - Tabiquería = 50kg/cm<sup>2</sup>.
- Se consideró para el modelamiento cargas vivas según norma E020:

- Sobre cargas = 400kg/cm<sup>2</sup>.
- Sobrecargas en corredores y escaleras = 400kg/cm<sup>2</sup>.
- Se realizó el predimensionamiento de las columnas para una vivienda de cuatro pisos con  $f'c = 210$ , según la norma E020. Según fórmula para columnas excéntricas y esquinadas.
  - Área de columna =  $P(\text{servicio}) / 0.35 f'c$

Donde:

$$P(\text{servicio}) = P \times A \times N$$

- Para columnas excéntricas:
  - Área de columna =  $P.A.N / 0.35. f'c$
  - Área de columna =  $1250 \times 16.80 \times 4 / 0.35 \times 210$
  - Área de columna = 1142.84 cm<sup>2</sup>
  - Se usó una columna de 35 x 35 para el modelamiento.
- Para columnas esquineras:
  - Área de columna =  $P.A.N / 0.35. f'c$
  - Área de columna =  $1250 \times 8.40 \times 4 / 0.35 \times 210$
  - Área de columna = 571.43 cm<sup>2</sup>
  - Se usó una columna de 25 x 25 para el modelamiento.
- Metrado de cargas en losa maciza y losa con vacíos esféricos (bubbledeck).

#### 4.2.3.2. Losa maciza h=23cm

- Carga muerta: P. propio = 0.55 tn/m<sup>2</sup>
- Piso terminado = 0.1tn/m<sup>2</sup>
- Carga viva: s/c 0.4tn/m<sup>2</sup>.
- Carga ultima:  $Wu = 1.4cm + 1.7 cv = 1.59 \text{ tn/m}^2$

#### **4.2.3.3. Losa bubbledeck h=23cm**

- Carga muerta: P. propio = 0.37 tn/m<sup>2</sup>
- Piso terminado. = 0.1tn/m<sup>2</sup>
- Carga viva: s/c 0.4tn/m<sup>2</sup>.
- Carga ultima: Wu=1.4cm + 1.7 cv = 1.34 tn/m<sup>2</sup>

Se realizó el modelamiento y análisis con el uso del software Ansys donde se obtuvieron los siguientes resultados y llegando a la conclusión siguiente:

- Se evaluó el comportamiento sísmico de una edificación de cuatro pisos con el tipo de losa tradicional obteniendo los siguientes resultados:

#### **4.2.4. Análisis sísmico estático**

##### **4.2.4.1. Estimación del peso sísmico**

El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de las categorías C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener. (NORMA TECNICA E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE, 2018, p. 20)

En nuestro caso, el peso sísmico se obtendrá adicionando a la carga muerta el 50% de la carga viva y el 25% de la carga viva de techo. Por lo que la fórmula para el cálculo del peso sísmico quedaría de la siguiente manera:

El valor de C/R no se considera menor que  $\left(\frac{C}{R} \geq 0.11\right)$

$$\frac{C_{CX}}{R_X} = 0.313 \quad V_{FCBX} = "OK"$$

$$\frac{C_{CY}}{R_Y} = 0.313 \quad V_{FCBY} = "OK"$$

#### 4.2.4.2. Fuerza cortante en la base en losa maciza

$$V_X(P_{TOTAL}) = 383.943 \text{ tonne} \quad V_Y(P_{TOTAL}) = 383.943 \text{ tonne}$$

$$P_S = P_{CM} + 0.5P_{CV} + 0.25 P_{CVT}$$

$$P_{TOTAL} = 2034.978 \text{ tonne}$$

#### 4.2.4.3. Fuerza cortante en la base en losa aligerada

$$V_X(P_{TOTAL}) = 248.099 \text{ tonne} \quad V_Y(P_{TOTAL}) = 248.099 \text{ tonne}$$

$$P_S = P_{CM} + 0.5P_{CV} + 0.25 P_{CVT}$$

$$P_{TOTAL} = 1314.978 \text{ tonne}$$

#### 4.2.4.4. Fuerza cortante en la base en losa con vacíos esféricos

**bubbledeck**

$$V_X(P_{TOTAL}) = 226.717 \text{ tonne} \quad V_Y(P_{TOTAL}) = 226.717 \text{ tonne}$$

$$P_S = P_{CM} + 0.5P_{CV} + 0.25 P_{CVT}$$

$$P_{TOTAL} = 1201.646 \text{ tonne}$$

#### 4.2.4.5. Distribución de la fuerza sísmica en altura en losa maciza

$$F_{1X} = \alpha_1 * V_X = (P_{total}) = 42451.266003 \text{ kg} \quad F_{1Y} = \alpha_1 * V_Y = (P_{total}) = 42451.266 \text{ tonne}$$

$$F_{1X} = \alpha_1 * V_X = (P_{total}) = 82386.707305 \text{ kg} \quad F_{1Y} = \alpha_1 * V_Y = (P_{total}) = 82386.707 \text{ tonne}$$

$$F_{1X} = \alpha_1 * V_X = (P_{total}) = 123580.060958 \text{ kg} \quad F_{1Y} = \alpha_1 * V_Y = (P_{total}) = 123580.061 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=135525.080577 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=135.525081 \text{ tonne}$$

#### 4.2.4.6. Distribución de la fuerza sísmica en altura en losa aligerada

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=28942.653568 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=28.942654 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=55322.500067 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=55.3225 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=82983.750101 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=82.98375 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=80850.461107 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=80.850461 \text{ tonne}$$

#### 4.2.4.7. Distribución de la fuerza sísmica en altura en losa con vacíos esféricos bubbledeck

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=26825.073201 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=26.825073 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=51074.517768 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=51.074518 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=76611.776652 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=76.611777 \text{ tonne}$$

$$F_{1X}=\alpha_1*V_X=(P_{total})=72205.436286 \text{ kg} \quad F_{1Y}=\alpha_1*V_Y=(P_{total})=72.205436 \text{ tonne}$$

### 4.2.5. Análisis sísmico dinámico

#### 4.2.5.1. Masas a nivel de entrepisos en losa maciza

$$Mt_1 = 55.501 \frac{\text{tonne*s}^2}{\text{m}} \quad Mr_1 = (4.741 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_2 = 53.856 \frac{\text{tonne*s}^2}{\text{m}} \quad Mr_2 = (4.6 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_3 = 53.856 \frac{\text{tonne*s}^2}{\text{m}} \quad Mr_3 = (4.6 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_4 = 44.296 \frac{\text{tonne*s}^2}{\text{m}} \quad Mr_4 = (3.784 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

Excentricidad accidental:

$$e_{acx}=1 \text{ m} \quad e_{acy}=1.25 \text{ m}$$

#### 4.2.5.2. Masas a nivel de entrepisos en losa aligerada

$$Mt_1 = 37.146 \frac{\text{tonne*s}^2}{\text{m}} \quad Mr_1 = (3.173 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_2 = 35.501 \frac{\text{tonne*s}^2}{\text{m}} \quad Mr_2 = (3.032 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_3 = 35.501 \frac{\text{tonne} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad Mr_3 = (3.032 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_4 = 25.942 \frac{\text{tonne} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad Mr_4 = (2.216 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

Excentricidad accidental:

$$e_{\text{acx}}=1 \text{ m} \quad e_{\text{acy}}=1.25 \text{ m}$$

#### 4.2.5.3. Masas a nivel de entrepisos en losa con vacíos esféricos

##### **bubbledeck**

$$Mt_1 = 34.257 \frac{\text{tonne} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad Mr_1 = (2.926 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_2 = 32.612 \frac{\text{tonne} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad Mr_2 = (2.786 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_3 = 32.612 \frac{\text{tonne} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad Mr_3 = (2.786 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

$$Mt_4 = 23.052 \frac{\text{tonne} \cdot \text{s}^2}{\text{m}} \quad Mr_4 = (1.969 * 10^3) \text{ tonne} * \text{m} * \text{s}^2$$

Excentricidad accidental:

$$e_{\text{acx}}=1 \text{ m} \quad e_{\text{acy}}=1.25 \text{ m}$$

#### 4.2.5.4. Periodos de vibración en losa maciza

**Tabla 12**

*Periodos de vibración en losa maciza*

<b>Modo</b>	<b>T(s)</b>	<b>%Mx</b>	<b>%My</b>
1	0.661	93.3856	94.6178
2	0.5787	93.3856	94.6178
3	0.3152	98.9494	99.2558
4	0.1739	98.9495	99.2558
5	0.0958	99.8537	99.9014
6	0.0929	99.9991	99.9993
7	0.0628	99.9991	99.9993
8	0.0528	99.9991	99.9993
9	0.0373	99.9991	99.9995
10	0.0212	99.9991	99.9997
11	0.021	99.9991	99.9999
12	0.0208	99.9991	99.9999

*Fuente:* Elaboración propia.

$$T_{\text{MY}}=0.661\text{s}$$

$$T_{\text{MX}}=0.579\text{s}$$

#### 4.2.5.5. Periodos de vibración en losa aligerada

**Tabla 13**  
*Periodos de vibración en losa aligerada*

Modo	T(s)	%Mx	%My
1	0.5843	92.6567	93.3888
2	0.4889	92.6568	93.3889
3	0.2768	98.766	98.9421
4	0.1469	98.766	98.9421
5	0.086	99.8163	99.847
6	0.0788	99.9881	99.9928
7	0.0539	99.9881	99.9928
8	0.0491	99.9881	99.9928
9	0.0358	99.9905	99.994
10	0.0271	99.995	99.9966
11	0.0259	99.995	99.999
12	0.0255	99.995	99.9992

*Fuente:* Elaboración propia.

$$T_{MY}=0.584s$$

$$T_{MX}=0.489s$$

#### 4.2.5.6. Periodos de vibración en losa con vacíos esféricos

##### **bubbledeck**

**Tabla 14**  
*Periodos de vibración en losa con vacíos esféricos bubbledeck*

Modo	T(s)	%Mx	%My
1	0.5394	92.296	93.8354
2	0.4795	92.2961	93.8354
3	0.2638	98.6818	99.0679
4	0.1433	98.6818	99.0679
5	0.0812	99.8093	99.8695
6	0.076	99.9923	99.9952
7	0.0513	99.9924	99.9952
8	0.0457	99.9924	99.9952
9	0.0336	99.9924	99.9961
10	0.0329	99.9924	99.9979
11	0.0319	99.9924	99.9994
12	0.0293	99.9924	99.9994

*Fuente:* Elaboración propia.

$$T_{MY}=0.539s$$

$$T_{MX}=0.48s$$

**4.2.5.7. Centro de masa, centro de rigidez y excentricidades de cada planta**

**Tabla 15**

*Coordenadas del centro de Masas de la planta (X,Y)*

	<b>Piso 1</b>	<b>Piso 2</b>	<b>Piso 3</b>	<b>Piso 4</b>
<b>x</b>	9.91	9.94	9.93	10.08
<b>y</b>	7.51	7.53	7.51	7.27
<b>z</b>	3.28	7.07	10.67	14.1

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 16**

*Coordenadas del centro de Rigidez de la planta (X,Y)*

	<b>Piso 1</b>	<b>Piso 2</b>	<b>Piso 3</b>	<b>Piso 4</b>
<b>x</b>	10	10	10	10
<b>y</b>	9.49	9.49	9.49	9.49
<b>z</b>	2.98	6.99	10.4	13.9

*Fuente:* Elaboración propia.

**4.2.5.8. Condición de cortante basal**

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (Vd), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el (FMe=80%) del cortante basal sísmico estático (Vs), todos los parámetros de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación:  $FMe=0.8 \times Vs/Vd$ .

**Tabla 17**

*Peso Sísmico Total de la Planta "i" en losa maciza*

	<b>Piso "i"</b>
544.278	Piso 1
528.15	Piso 2
528.15	Piso 3
434.4	Piso 4

*Fuente:* Elaboración propia.



**Tabla 18**  
*Peso Sísmico Total de la Planta "i" en losa aligerada*

<b>Piso "i"</b>	
364.278	Piso 1
348.15	Piso 2
348.15	Piso 3
254.4	Piso 4

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 19**  
*Peso Sísmico Total de la Planta "i" en losa con vacíos esféricos bubbledeck*

<b>Piso "i"</b>	
335.945	Piso 1
319.817	Piso 2
319.817	Piso 3
226.067	Piso 4

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 20**  
*Verificación de la Condición de la Cortante en la Base de losa maciza*

<b>Hipótesis Sísmica</b>	<b>Condición de la Cortante Basal Mínima</b>	<b>Factor de Modificación</b>
<b>Sismo X</b>	$V_{dx} \geq 0.8 V_{sx}$	383943.1148
		155133
<b>Sismo Y</b>	$V_{dy} \geq 0.8 V_{sy}$	383943.1148
		154341

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 21**  
*Verificación de la Condición de la Cortante en la Base de losa aligerada*

<b>Hipótesis Sísmica</b>	<b>Condición de la Cortante Basal Mínima</b>	<b>Factor de Modificación</b>
<b>Sismo X</b>	$V_{dx} \geq 0.8 V_{sx}$	248099.3648
		155133
<b>Sismo Y</b>	$V_{dy} \geq 0.8 V_{sy}$	248099.3648
		154341

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 22**  
*Verificación de la Condición de la Cortante en la Base de losa con vacíos esféricos bubbledeck*

<b>Hipótesis Sísmica</b>	<b>Condición de la Cortante Basal Mínima</b>	<b>Factor de Modificación</b>
<b>Sismo X</b>	$V_{dx} \geq 0.8 V_{sx}$	226716.8039 155133 1.169148042
<b>Sismo Y</b>	$V_{dy} \geq 0.8 V_{sy}$	226716.8039 154341 1.175147518

*Fuente:* Elaboración propia.

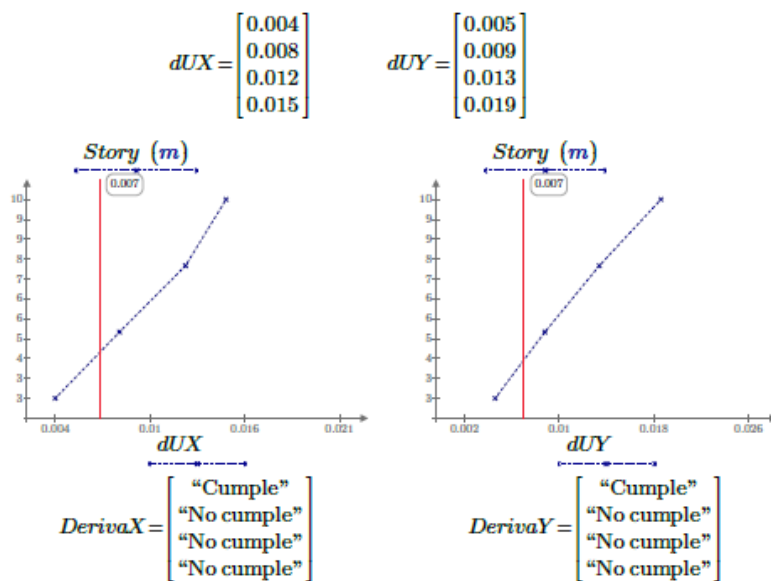
El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente "R", no deber exceder la fracción de la altura de entrepiso según el tipo de material predominante.

Límites para la distorsión de Entrepiso:  $\delta = 0.75 * \Delta i x h e i \leq 0.007$

La Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 del RNE, establece como distorsión máxima de entrepiso el valor de ( $D_{rVM}=0.007$ ) para sistemas de SistMtrl = "Concreto Armado", esto se cumplirá en las direcciones X-X y Y-Y respectivamente.

**Gráfico 25**

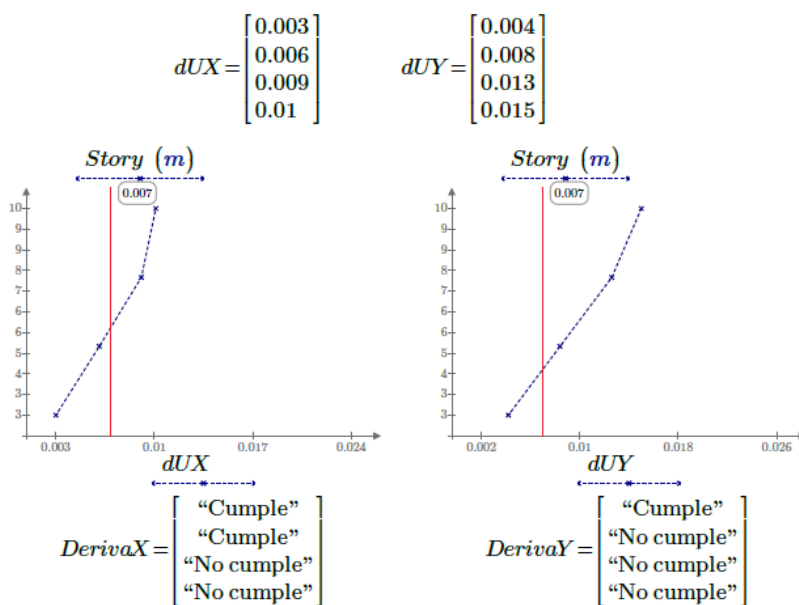
*Límites de distorsión de Entrepiso en losa maciza*



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 26**

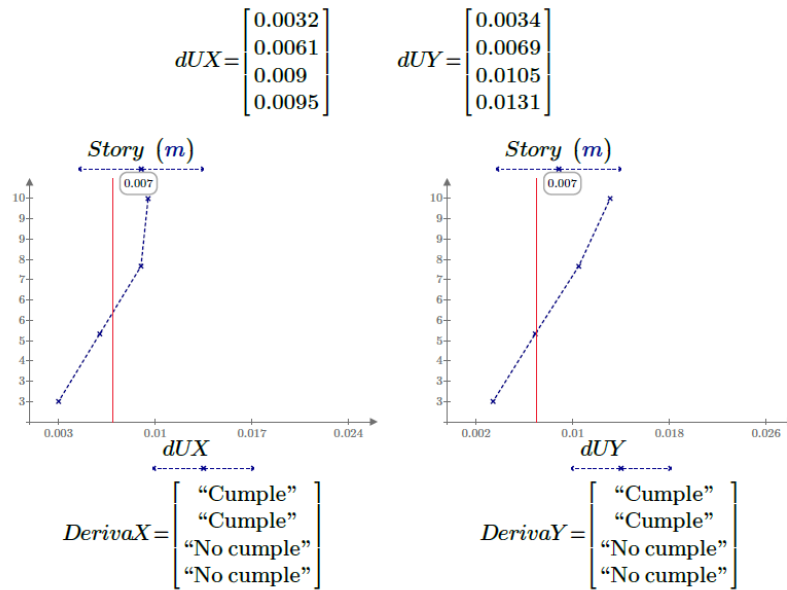
*Límites de distorsión de Entrepiso en losa aligerada*



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 27**

*Límites de distorsión de Entrepiso en losa con vacíos esféricos bubbledeck*



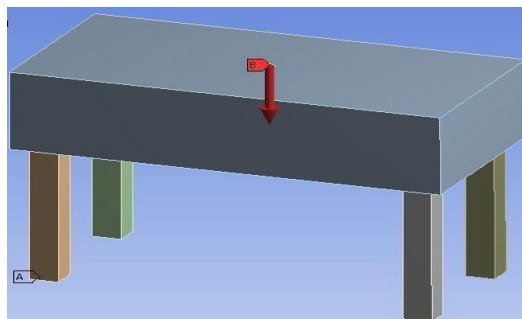
*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.2.6. Análisis de losas

En este proyecto de tesis el tipo de carga que se puede aplicar en la losa con vacíos esféricos (bubbledeck) y la losa aligerada es la fuerza aplicada externamente en diferentes tipos. Como carga puntual (50kn). Tanto en la losa que está simplemente apoyada, que se diseñan en Ansys y comparan la tensión máxima y la deformación máxima en ambas losas.

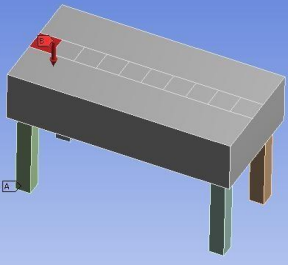
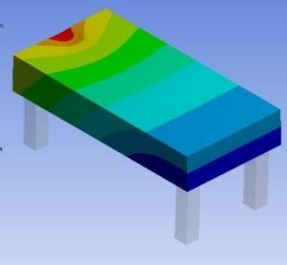
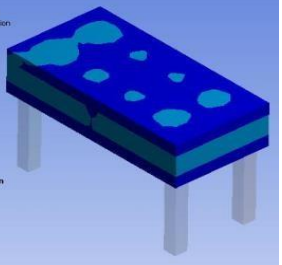
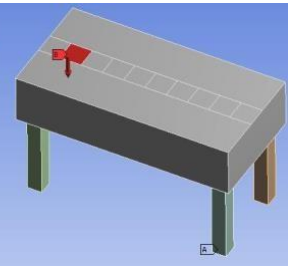
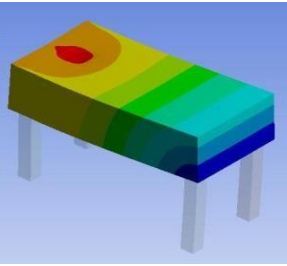
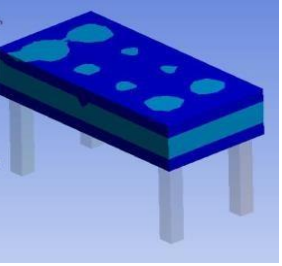
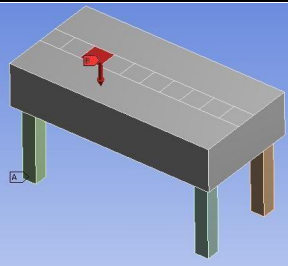
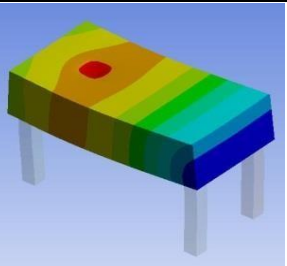
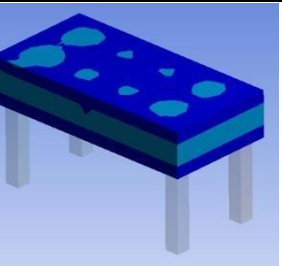
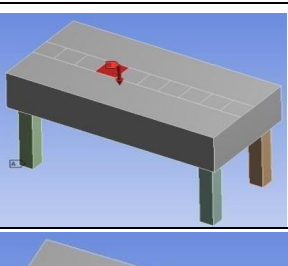
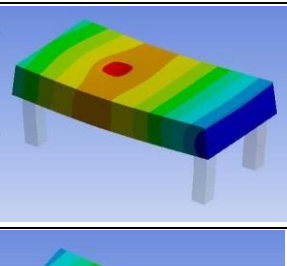
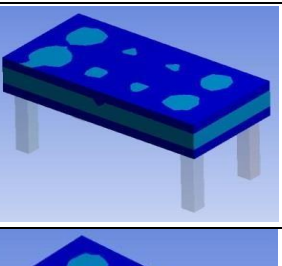
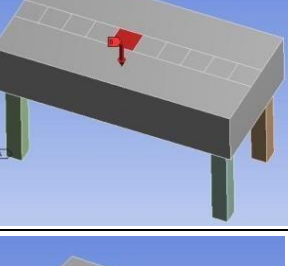
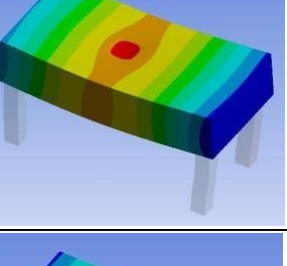
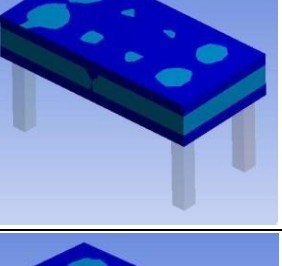
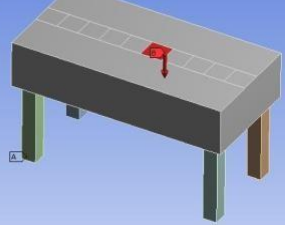
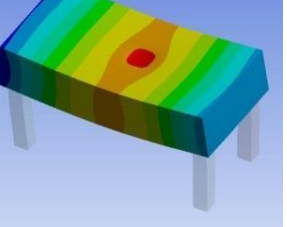
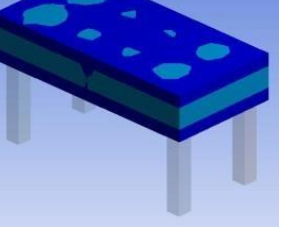
**Gráfico 28**

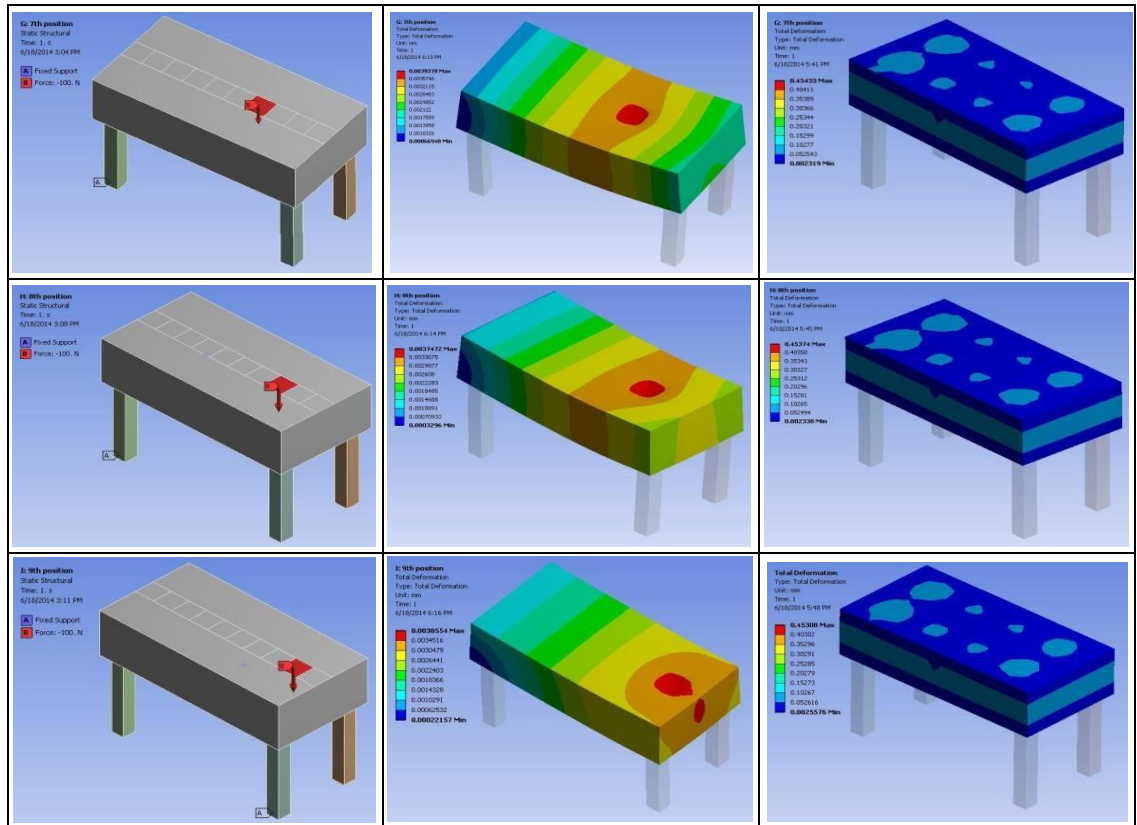
*El modelo de cubierta aligerada convencional*



*Fuente:* Elaboración Propia.

**Tabla 23**  
*Deformación (losa maciza) Deformación (losas bubbledeck)*

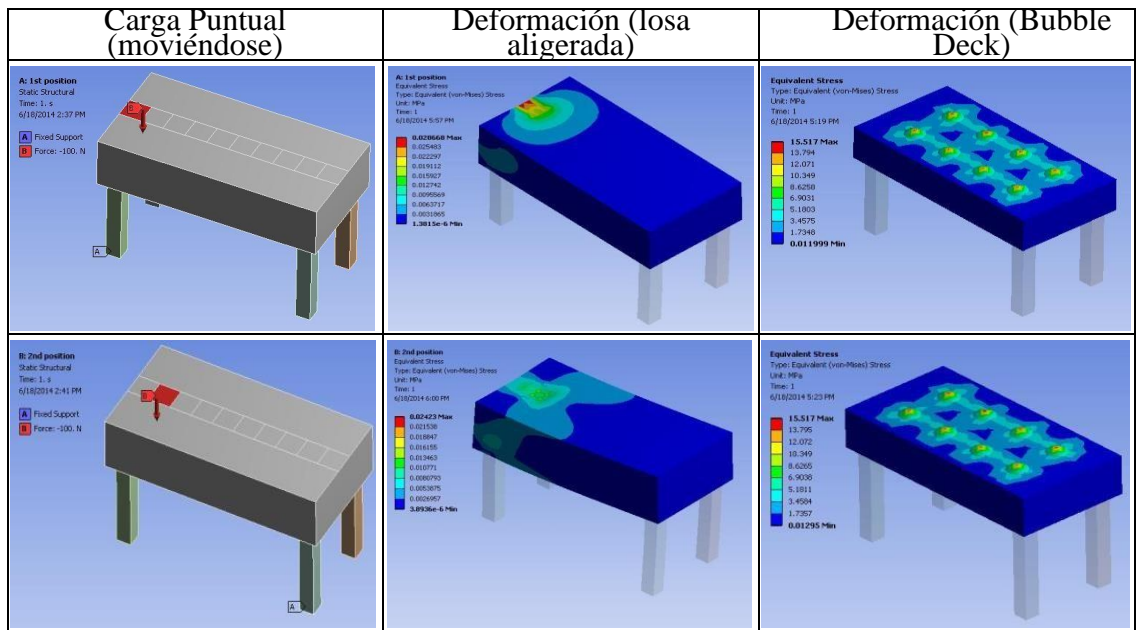
Carga Puntual (moviéndose)	Deformación (losa aligerada)	Deformación (Bubble Deck)
<p><b>A: 1st position</b>                      Static Structural                      Time: 1 s                      6/18/2014 2:37 PM</p> <p><b>A</b> Fixed Support  <b>B</b> Force: -100. N</p> 	<p><b>A: 1st position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 5:29 PM</p> <p><b>0.0005772 Max</b>                      0.0047718                      0.0047718                      0.0003946                      0.0003962                      0.0003969                      0.0003967                      0.0003945                      0.0002633                      0.0002620 Min</p> 	<p><b>Total Deformation</b>                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 5:18 PM</p> <p><b>0.45572 Max</b>                      0.40637                      0.39581                      0.30466                      0.25431                      0.20399                      0.15296                      0.10325                      0.05296                      0.0025437 Min</p> 
<p><b>B: 2nd position</b>                      Static Structural                      Time: 1 s                      6/18/2014 2:41 PM</p> <p><b>A</b> Fixed Support  <b>B</b> Force: -100. N</p> 	<p><b>B: 2nd position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 6:01 PM</p> <p><b>0.0003854 Max</b>                      0.0004916                      0.0004916                      0.0004441                      0.0004443                      0.0003966                      0.0004329                      0.0004329                      0.0002532                      0.0002157 Min</p> 	<p><b>Total Deformation</b>                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 6:23 PM</p> <p><b>0.45525 Max</b>                      0.40562                      0.39599                      0.30467                      0.25424                      0.20391                      0.15299                      0.10246                      0.05236                      0.0021997 Min</p> 
<p><b>C: 3rd position</b>                      Static Structural                      Time: 1 s                      6/18/2014 2:45 PM</p> <p><b>A</b> Fixed Support  <b>B</b> Force: -100. N</p> 	<p><b>C: 3rd position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 6:04 PM</p> <p><b>0.0003742 Max</b>                      0.0004919                      0.0004917                      0.0004441                      0.0004443                      0.0003966                      0.0004329                      0.0004329                      0.0002532                      0.0002156 Min</p> 	<p><b>C: 3rd position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 5:25 PM</p> <p><b>0.45525 Max</b>                      0.40564                      0.39569                      0.30469                      0.25424                      0.20379                      0.15299                      0.10246                      0.05242                      0.0021997 Min</p> 
<p><b>D: 4th position</b>                      Static Structural                      Time: 1 s                      6/18/2014 2:50 PM</p> <p><b>A</b> Fixed Support  <b>B</b> Force: -100. N</p> 	<p><b>D: 4th position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 6:06 PM</p> <p><b>0.0003730 Max</b>                      0.0004919                      0.0004918                      0.0004442                      0.0004442                      0.0003966                      0.0004329                      0.0004329                      0.0002528                      0.0002156 Min</p> 	<p><b>Total Deformation</b>                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 5:30 PM</p> <p><b>0.45572 Max</b>                      0.40562                      0.39562                      0.30462                      0.25412                      0.20372                      0.15292                      0.10242                      0.05236                      0.0021997 Min</p> 
<p><b>E: 5th position</b>                      Static Structural                      Time: 1 s                      6/18/2014 2:56 PM</p> <p><b>A</b> Fixed Support  <b>B</b> Force: -100. N</p> 	<p><b>E: 5th position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 6:08 PM</p> <p><b>0.0003747 Max</b>                      0.0004919                      0.0004918                      0.0004441                      0.0004441                      0.0003965                      0.0004329                      0.0004329                      0.0002528                      0.0002156 Min</p> 	<p><b>E: 5th position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 5:33 PM</p> <p><b>0.45532 Max</b>                      0.40562                      0.39460                      0.30465                      0.25425                      0.20371                      0.15309                      0.10246                      0.05236                      0.0021997 Min</p> 
<p><b>F: 6th position</b>                      Static Structural                      Time: 1 s                      6/18/2014 3:00 PM</p> <p><b>A</b> Fixed Support  <b>B</b> Force: -100. N</p> 	<p><b>F: 6th position</b>                      Total Deformation                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 6:11 PM</p> <p><b>0.0003917 Max</b>                      0.0007601                      0.0007601                      0.0006154                      0.0006154                      0.0004708                      0.0006154                      0.0006154                      0.0004708                      0.0003262 Min</p> 	<p><b>Total Deformation</b>                      Type: Total Deformation                      URM: mm                      Time: 1                      6/18/2014 5:36 PM</p> <p><b>0.45480 Max</b>                      0.4046                      0.39348                      0.30400                      0.25361                      0.20366                      0.15304                      0.10244                      0.05274                      0.0021997 Min</p> 

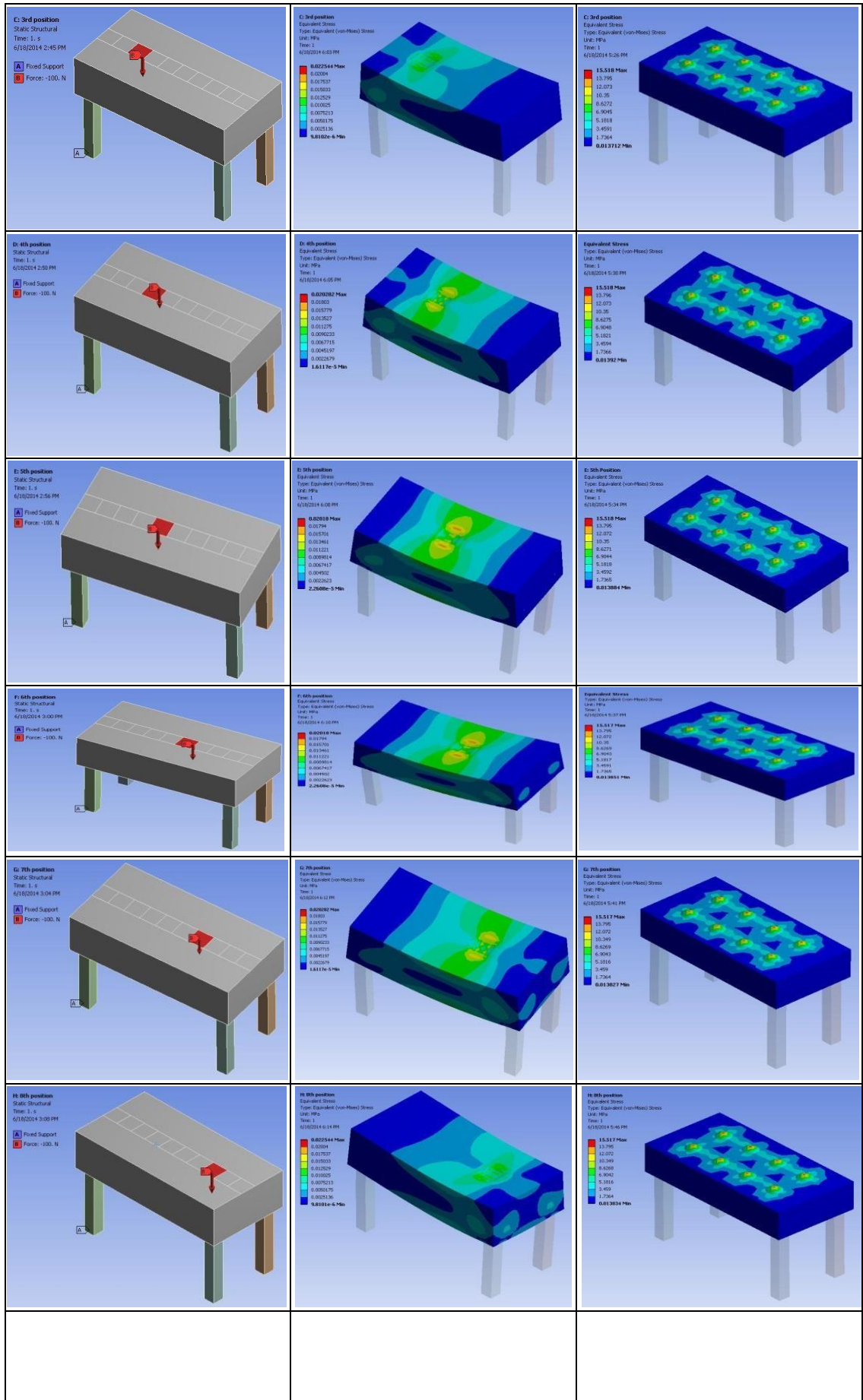


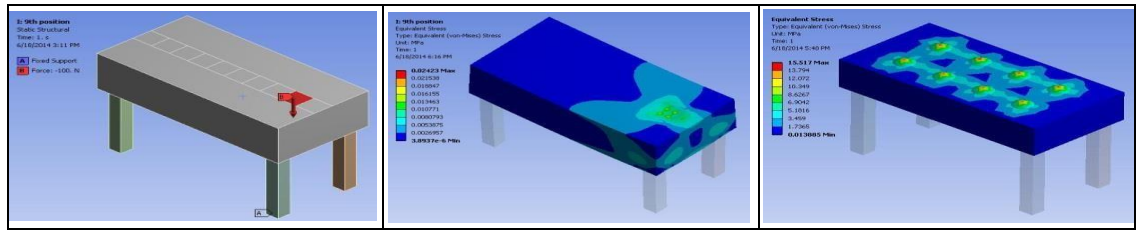
Fuente: Elaboración Propia.

La tensión máxima de ambos modelos se muestra en la tabla que se proporciona a continuación:

**Tabla 24**  
Estrés de ambas losas debido a la carga en movimiento







Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.7. Análisis

Las tensiones y fuerzas internas máximas en el modelo de las losas con vacíos esféricos (bubbledeck) excedieron las de la losa aligerada. El momento máximo y la tensión interna de la losa Bubbledeck fue un 64 % más alta que la losa aligerada. Para un estudio más detallado se realizó de ambas losas en ANSYS2000.

La muestra que los momentos máximos, la fuerza cortante y la tensión en planta en la losa bubbledeck son entre un 10 y un 25 % inferiores a los de la losa aligerada en las mismas condiciones. Esto es consecuencia de la disminución de la carga muerta de las esferas de HDPE en lugar del hormigón. 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 cubierta.

### 4.3. Prueba de hipótesis

HG: Las losas con vacíos esféricos (bubbledeck) nos da un excelente comportamiento estructural frente a la losa convencional. La hipótesis planteada se comprobó, pues se obtienen mejores resultados en los análisis sísmicos estáticos y dinámicos frente a los otros tipos de losa planteados.

HE1: Las secciones estructurales empleando el sistema bubbledeck sería mínimo frente a una losa aligerada. La hipótesis no se comprobó, pues las secciones usadas en las losas analizadas en el presente estudio, se analizaron en medidas y condiciones similares cuyos resultados muestran que la losa con vacíos



esféricos (bubbledeck) tiene mejor comportamiento que los otros tipos de losa. Sin embargo, podría ser contraproducente reducir el espesor de la losa y sería motivo de una nueva investigación.

HE2: El sistema de carga de servicios sería más altas en el bubbledeck que en la losa aligerada. La hipótesis planteada se comprobó, pues la acción de la carga en la base y la fuerza cortante que este produce son menores en la losa con vacíos esféricos (bubbledeck) que, en la losa aligerada convencional, permitiendo así aligerar el peso de la estructura manteniendo a la vez sus características mecánicas.

HE3: Las losas con vacíos esféricos serían los más económicos por su poca utilidad del hormigón frente a la losa convencional. La hipótesis se comprobó, pues la carga soportada en cada elemento estructural se vio reducida considerablemente, lo cual indica mayor cantidad de vacíos frente a la losa aligerada convencional, vacíos que reducen el volumen de concreto en la losa y de este modo en la edificación.

#### **4.4. Discusión de resultados**

(Amaya Astudillo & Galindo Bacuilima, 2015) en su tesis titulada “análisis del comportamiento y aplicación de losas bubbledeck”. “Realizo el diseño mediante hojas de cálculo con datos que se obtuvieron de los resultados obtenidos en el software Ansys donde cumplía con la normativa.” así mismo en esta tesis se efectuó un diseño mediante un programa estructural sap2000 donde se obtuvo valores como momentos, donde se realizó un diseño según especificaciones bubbledeck el valor máximo de deflexión permitida tiene un valor de 1.04, y el valor obtenido fue de 0.48 está dentro de rango permitido.

(Amaya Astudillo & Galindo Bacuilima, 2015) en su tesis titulada “análisis del comportamiento y aplicación de losas bubbledeck”. Calculo el espesor de la losa por medio de la tabla de especificaciones técnicas de construcción de losas bubbledeck donde obtuvo el valor de 230mm para modelar losas de luces 5 x 5 m, losas de 6x7 m, y losas de 7x8 m. Así mismo en esta tesis se calculó el espesor de la losa tanto una losa maciza como una losa con sistema bubbledeck obteniendo resultados según norma E060 para losa maciza un espesor de 0,19m y también haciendo un cálculo de losa en un sistema de losa bubbledeck se calculó un espesor mínimo de 0.23m según tabla de especificaciones bubbledeck en donde indica el rango de luz de columna a columna es de 7 a 10 (m) donde el espesor de losa es 230mm, el diámetro de la esfera de 180mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.15. así mismo las diferentes medidas de espesor para un sistema bubbledeck. de 8 a 12 (m) de luz donde el espesor de losa es 280mm, el diámetro de la esfera de 225mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.19, de 9 a 14 (m) de luz donde el espesor de losa es 340mm, el diámetro de la esfera de 270mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.23, de 10 a 16 (m) de luz donde el espesor de losa es 390mm, el diámetro de la esfera de 315mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.25. en ambos casos se utiliza la ficha técnica bubbledeck para calcular el espesor de la losa.

(Quino Quispe, 2019) Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – Perú elaboro una investigación que lleva el título. “Optimización de concreto en losas aligeradas en construcción de viviendas, con la incorporación de vacíos esféricos y aplicación del sistema bubbledeck”. donde calculo el momento máximo en el centro de la losa obteniendo como resultado 0.41 tn.m. Así mismo en esta tesis se realizó el comportamiento sísmico aplicando el sistema

bubbledeck y de una losa maciza en una edificación recolectando datos para posterior uso del software Ansys. obteniendo como resultado el peso total de una edificación de cuatro pisos en los diferente sistemas, en el peso total del sistema bubbledeck se obtuvo 145.82 tn mientras que en el sistema convencional se obtuvo 157.64 tn. así mismo se obtuvo valores de carga axial de 17.72 tn en bubbledeck y de 14.79 tn en edificación de losa convencional, también se obtuvo cortantes y momento de 1.53 y 2.39 en una losa maciza y de 0,33 y 0.48 en una losa de bubbledeck, también se obtuvo desplazamientos en edificación de losa maciza 6.11mm y en edificación con sistema bubbledeck de 6.60 mm. Al comparar los resultados ambos tienen similar resultado ambos fueron en losas bubbledeck de diferentes dimensiones.

(Amaya Astudillo & Galindo Bacuilima, 2015) en su tesis denominado “análisis del comportamiento y aplicación de losas bubbledeck”. Donde calculo los esfuerzos internos de una losa bubbledeck para compararlos posteriormente con una losa convencional donde obtuvo valores de deflexiones de 1.04 cm para losas con vigas y 0.4 cm para losas simplemente apoyadas teniendo una variación de 0.64 en luz de columna a columna de 5m. Así mismo en esta tesis se realizó una comparación a la respuesta sísmica de ambos sistemas tanto del sistema bubbledeck como maciza con los mismos factores de estructura , tipo de suelo , cargas y sobrecargas de los cuales se obtuvieron resultados como ; losa maciza 157.64tn y losas bubbledeck 145.82tn donde se ve una variación en el peso de la edificación de 11.82 tn siendo la edificación con losa bubbledeck una disminución en la carga sísmica, para luces de mayor distancia sería factible ya que al disminuir el peso considerablemente tendría un mayor comportamiento estructural, por otra parte también se comparó los resultados como la carga axial

de la edificación obteniendo como valores de 14.79 tn en edificación con losa maciza y 17.72 tn en edificaciones de sistema bubbledeck donde se ve una variación de 2.93 tn de carga axial hay un incremento de 2.93 tn debido a que el sistema bubbledeck no se consideró vigas y debido a eso es que la fuerza que ejerce toda la edificación sobre las columnas no son ayudadas por vigas, también se comparó los resultados de cortantes tanto en una losa bubbledeck de 0.33mm y una losa maciza 1.53 y obteniendo una variación de 1.2 mm y resultados de momentos de 2.93 mm en edificación con losas maciza y de 0.48 mm en una edificación con sistema bubbledeck y una variación de 1.91mm debido a que en la edificación con sistema bubbledeck es considerablemente más ligera, así mismo, se obtuvo resultados de los desplazamientos de ambo sistemas de 6.11 mm en edificación con losa maciza y de 6.6mm en edificación con sistema bubbledeck con una variación de 0.49 mm el desplazamiento es ligeramente menor en una losa convencional debido a que es más reforzada y mayor volumen de hormigón.

## CONCLUSIONES

- En el trabajo de investigación implementando este nuevo sistema de losas como la bubbledeck se ha podido observar a comparación de otras losas convencionales donde se realizó una comparación de costos, calcular los espesores de losas macizas y bubbledeck, un comportamiento sísmico en losas macizas y losas bubbledeck, y una comparación a la respuesta sísmica de cada tipo de losa.
- El espesor de la losa en ambos sistemas bubbledeck y maciza se obtuvo resultados similares según norma E060 para losa maciza un espesor de 0,19 m y también haciendo un cálculo de losa en un sistema de losa bubbledeck que se obtuvo un espesor de 0.23m según tabla de especificaciones bubbledeck en donde indica el rango de luz de columna a columna es de 7 a 10 (m) donde el espesor de losa es 230mm, el diámetro de la esfera de 180mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.15. así mismo las diferentes medidas de espesor para un sistema bubbledeck. de 8 a 12 (m) de luz donde el espesor de losa es 280mm, el diámetro de la esfera de 225mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.19, de 9 a 14 (m) de luz donde el espesor de losa es 340mm, el diámetro de la esfera de 270mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.23, de 10 a 16 (m) de luz donde el espesor de losa es 390mm, el diámetro de la esfera de 315mm, y concreto ( $m^3/m^2$ ) de 0.25. Se llegó a la conclusión de que las losas macizas es una solución factible para un mejor comportamiento estructural que una losa bubbledeck, pero para grandes luces se aumentaría el espesor de la losa y habría mayores esfuerzos la cual podría ocurrir fisuras y ese aspecto para grandes luces las losas bubbledeck sería la más recomendable ya que hay una disminución de peso considerablemente y sería una muy buena alternativa implementar este tipo de losas.
- En el comportamiento sísmico en ambos sistemas de una edificación. Se obtuvo resultados como el peso total de una edificación de cuatro pisos en los diferentes

sistemas, el peso total del sistema bubbledeck se obtuvo 145.82 tn, mientras que en el sistema convencional se obtuvo 157.64 tn. Así mismo se obtuvo valores de carga axial de 17.72 tn en bubbledeck y de 14.79 tn en edificación de losa convencional, también se obtuvo cortantes y momento de 1.53 y 2.39 en una losa maciza y de 0,33 y 0.48 en una losa de bubbledeck, también se obtuvo desplazamientos en edificación de losa macisa 6.11mm y en edificación con sistema bubbledeck de 6.60 mm, Al evaluar el comportamiento sísmico de una edificación de cuatro pisos con sistema bubbledeck y sistema convencional maciza los resultados son similares en ambos casos lo que puede permitir más adelante implementar este sistema en el Perú para implementar luces de mayor distancia y con menor peso lo que puede ayudar con la reducción de peso a tener un mejor comportamiento estructuralmente.

- Se realizó una comparación a la respuesta sísmica de la edificación con los mismos factores como, tipo de suelo, cargas y sobrecargas de los cuales se obtuvieron resultados como; la carga sísmica en losa maciza 157.64tn y losas bubbledeck 145.82tn con una variación de 11.82 tn siendo la edificación con losa bubbledeck una disminución en la carga sísmica, como conclusión se puede decir que para luces de mayor distancia sería factible ya que al disminuir el peso considerablemente tendría un mayor comportamiento estructural, también se obtuvo resultados como la carga axial de la edificación. 14.79 tn en edificación con losa maciza y 17.72 tn en edificaciones de sistema bubbledeck donde se ve una variación de 2.93 tn de carga axial hay un incremento de 2.93 tn en el sistema bubbledeck por qué no se consideró vigas y debido a eso es que la fuerza que ejerce toda la edificación sobre las columnas no son ayudadas por las vigas, se obtuvo resultados de cortantes para el sistema bubbledeck de 0.33mm y una losa macisa 1.53 y obteniendo una variación de 1.2 mm y resultados de momentos de 2.93 mm en edificación con losas maciza y de 0.48

mm en una edificación con sistema bubbledeck y una variación de 1.91mm debido a que en la edificación con sistema bubbledeck es considerablemente más ligera , en los desplazamientos de ambos sistemas: 6.11 mm en edificación con losa maciza y de 6.6mm en edificación con sistema bubbledeck con una variación de 0.49 mm como conclusión el desplazamiento es ligeramente menor en una losa convencional debido a que es más reforzada y mayor volumen de hormigón. que aumentar el espesor de la losa y sería más pesada y como consecuencia podría darse rajaduras o pueda sufrir fallas por punzonamiento y por ende no habría un buen comportamiento estructuralmente, por tal motivo se tiene otra alternativa que son edificaciones con sistema bubbledeck donde puede realizarse una edificación a grandes luces ya que al ser incorporadas esferas de plástico en su interior de la losa reduce considerablemente el peso de la losa lo cual tiene un buen comportamiento estructural a grandes luces sería una muy buena alternativa en el Perú.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda aplicar este sistema bubbledeck en edificaciones de grandes luces ya que el espesor es menor a comparación de una losa maciza ya que al introducir esferas de plástico al interior del concreto disminuye considerablemente el peso.
- Se recomienda investigar para una mayor profundidad el comportamiento sísmico de este tipo de sistema bubbledeck con diferente software de ingeniería como el Ansys y comparar los resultados para tener una respuesta más precisa para posteriores investigaciones.
- Se recomienda implementar este sistema de esferas de plástico en losas por ser más económica a comparación de una losa maciza que requiere mayor material.
- Al realizar una comparación a la respuesta sísmica entre una losa bubbledeck y una losa maciza se recomienda implementar elementos en el borde de la edificación como vigas para tener un mayor control en el desplazamiento de losas por sistema bubbledeck de grandes luces.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abadal Gámiz, I., & Abadal Gámiz, S. (2003). *Análisis del comportamiento de las chapas nervadas de acero para losas mixtas*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Afuso Muñoz, M. (2017). *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de cinco pisos y tres sótanos ubicado en el distrito de Barranco*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima,, Perú.
- Almonacid Ordoñez, L. (2020). *Uso del Poliestireno Expandido e Innovado para Losas Aligeradas en el Distrito de Huancayo 2018*. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Amaya Astudillo, T., & Galindo Bacuilima, B. (2015). *Análisis del comportamiento y aplicación de losas bubbledeck*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Apaza Rafael, K. (2019). *Análisis del Sistema Losa con Viguetas Pretensadas frente al de Losa Convencional para la Edificación Consell, Huancayo*. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Arias, M. (2002). *Análisis técnico y económico de losas de entrepiso*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Aza Santillán, G. (2014). *Diseño estructural de un edificio residencial de concreto armado de ocho pisos y semisótano*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Ballesteros García, O. (2016). *consideraciones sobre los diseños de concreto y sus metodologías propuestas por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligerada*. Universidad Central de Ecuador, Ecuador.

- Bascuñán Walker, R. (2019). *Innovación tecnológica ahora es cuando*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Cano Cisneros, D. (2018). *Comparación del diseño sismorresistente empleando losas aligeradas convencionales versus VIGACERO, AA.HH Cruz de Motupe, San Juan de Lurigancho, 2018*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Cevallos Cabrera, J., & Basantes Ruiz, J. (2016). *Análisis de eficiencia estructural entre una losa nervada y una losa alivianada con pelotas de plástico reciclado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Chávez Hinojosa, J. (2011). *Análisis comparativo de sistema y tecnologías aplicadas a la construcción de losas de estacionamiento*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Córdova, L., & Aguilera, T. (2009). *Losas de Bidireccionales con Vigas en Alternancia de cálculos y sus Correlaciones entre Ensayos Destructivos y No Destructivos para Hormigones de Alta Resistencia con Agregados Calcáreos*. Universidad de Santiago de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- De la Torre Asto, J., & Guerra Colca, R. (2019). *Análisis comparativo del diseño sismorresistente de una edificación de albañilería confinada de cuatro niveles con dos sistemas de losa aligerada: convencional versus VIGACERO en Carabayllo - 2019*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Falcón Yupanqui, J. (2017). *Tipos de losas de entrepiso y productividad en edificaciones multifamiliares Lima, 2017*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education.

- Jabir, H. A. (2021). Tiras de losa convencionales y burbujeadas bajo cargas repetidas limitadas: un estudio experimental comparativo. *Casos de Estudio en Materiales de Construcción*. *Casos de Estudio en Materiales de Construcción*, 12.
- Kalyana K., M. (2020). Investigación de losa para método analítico. *Materiales hoy: Actas*, 5.
- Loayza León, J., & Chavez Porras, R. (2015). *Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- López Fernandez, L. (2008). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE UNA LOSA TRADICIONAL CON UNA LOSA DE REFUERZO EN FORMA OBLICUA*. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Guatemala.
- López, M. (2018). *Análisis comparativo de los costos de una losa tradicional con una losa de refuerzo en forma oblicua*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá,, Colombia.
- Minor García, O. (2014). *Comparación entre dos posibles soluciones al diseño Estructural, en 1930 y contemporánea, para el edificio "La Nacional"*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Minor García, O. (2014). *consideraciones sobre la metodología propuesta por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas*. México,.
- Najarro Gamboa, A. (2019). *Evaluación de resistencia estructural de losas aligeradas con unidades de albañilería convencional y compuesto utilizado en edificaciones, Lima - 2019*. Universidad César Vallejo, Lima, Perú.

- Namdeo, H., Namdeo, R., & Laxmikant, G. (2015). *Composite Concrete Slabs with Profiled Steel Decking: Comparison Between Experimental and Simulation Study*. American Journal of Civil Engineering, Maharashtra, India.
- Nitin, G., Rathi, V., & Kolape, P. (s.f.). *Experimental Investigation of Composite action of Steel Concrete slabs*. International Research Journal of Engineering and Technology.
- Ñaupas Paitán, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U .
- Ortega Oyarzábal, M. (2013). *Cálculo de placas a través de distintas metodologías*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- Oukaili, N. (2021). Eficiencia de esfuerzo de CFRP en la mejora de la resistencia al corte por punzonamiento de losas burbujeadas de RC con aberturas. Casos de Estudio en Materiales de Construcción. *Casos de estudio en materiales de construcción*, 18.
- Paye Anco, A., Peña Castillo, J., & Franco Sanchez, J. (2014). *Propuesta para la utilización de losas de entrepisos prefabricados y su evaluación costo-tiempo*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Pazos Pingo, D. (2015). *Determinación y evaluación de las patologías de losas aligeradas en el sistema estructural de concreto armado de la posta médica Los Algarrobos-districto Piura-provincia Piura 2015*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Piura, Perú.
- Quino Quispe, W. (2019). *Optimización de concreto en losas aligeradas en construcción de viviendas, con la incorporación de vacíos esféricos y aplicación del sistema*

*Bubble Deck*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Huamanga, Perú.

Ramírez Reyes, C. (2018). *Análisis comparativo del comportamiento estructural de una losa en una dirección y una losa con placa colaborante*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Ramos Rugel, M. (2002). *Análisis técnico y económico de losas de entrepiso*. Universidad de Piura, Piura, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/1423>

Retamozo Martínez, L. (2011). *Diseño estructural de un edificio de viviendas de dos sótanos y cinco pisos, ubicado en San Isidro - Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Rodríguez Chavarry, A. (2015). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/482>

San Juan, S. (2016). *Análisis y diseño estructural de edificio para un laboratorio farmacéutico*. Universidad Nacional de San Andrés, La paz, Bolivia.

Sanchez Bone, G., & Echeverría Troya, T. (2021). *Análisis comparativo de una vivienda de 7 plantas construida con Losa maciza y con Losa aligerada implementando el uso del material poliestireno expandido*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Schwartzmann Rivero, N. (2013). *Diseño de un edificio de oficinas de concreto armado de once pisos*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Segura García, A. (2017). *Manual de Proceso Constructivo de Losas Bubble Deck (BDM\*) para Edificaciones*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

SENCICO. (2014). *MANUAL DE INSTALACIÓN DE TECHO ALIGERADO CON VIGUETAS PREFABRICADAS DE ACERO*. Lima: CARTOLAN EDITORES SRL.

Solorzano Leon, W. (2022). *Diseño de estructuras de hormigon armado sin vigas, aliviadas por sistema bubbledeck en una vivienda de 4 pisos, Huaraz 2022*. Universidad César Vallejo, Huaraz, Perú.

Taveras Luzon, Y., & García Estévez, R. (2016). *Análisis Comparativo de Losas Estructurales Convencionales de Hormigón Armado (No Pre-forzado) Para Entrepisos*. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Santo Domingo, D.N.

Tequen Acha, Y., & Pérez Carrasco, E. (2021). *Comparativo Estructural del Sistema Aporticado y Albañilería Confinada de un Edificio Multifamiliar, Jaén – Cajamarca*. Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú.

Zaoyang Guo, Y. (2016). Rigidez al corte de materiales neo-hookeanos con huecos esfericos. *Estructuras Compuestas*. *Estructuras Compuestas*, 27.

Zavaleta Chavarri, A. (2018). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas aligeradas compuestas por ladrillos de arcilla y bloques de poliestireno Trujillo*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

## **ANEXOS**

# JUICIOS DE EXPERTOS – CRITERIOS DE VALIDACION EXPERTO N°1 - HOJA N°1



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



## VALIDACIÓN POR EXPERTOS

Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema  
Bubbledeck de Vacíos Esféricos

### PARTE A: DATOS DEL EXPERTO

- Apellidos y Nombres : Gornelio Muñoz Isaac Néel U.
- Grado académico : Titulado
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 185008

### PARTE B: ASPECTOS A CONSIDERAR

- **Puntuación:**

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

0: *En desacuerdo*

1: *De acuerdo*

- **Validez:**

- *Validez de contenido* : Corresponde a medir la variable o dimensión.
- *Validez de constructo* : Corresponde a medir el indicador planteado.
- *Validez de criterio* : Clasificar según las categorías establecidas.

- **Especificaciones:**

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

---

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*



## JUICIOS DE EXPERTOS – CRITERIOS DE VALIDACION EXPERTO N°1 - HOJA N°2



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



### PARTE C: VALIDACIÓN

VALIDEZ	PREGUNTA	PUNTUACIÓN		OBSERVACIONES
De contenido	1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3 ¿El número de dimensiones es adecuado?	X		
	4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		X	
De constructo	6 ¿El número de indicadores es adecuado?	X		
	7 No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?	X		
	11 ¿Los indicadores son medibles?		X	
De criterio	12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?	X		
	13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?	X		
	14 ¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15 No es necesario considerar otros campos	X		
<b>TOTAL</b>				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad: *Aplicable*  *Aplicable después de corregir*  *No aplicable*

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Cornelio Muñoz Isaac N.S.U.

Especialista: *Metodólogo*  *Temático*

Grado: *Maestro*  *Doctor*

Título profesional: *Ingeniería Civil*

N° de registro CIP: 18 5008

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

.....  
Firma y sello del profesional evaluador

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*

# JUICIOS DE EXPERTOS – CRITERIOS DE VALIDACION EXPERTO N°2 - HOJA N°1



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



## VALIDACIÓN POR EXPERTOS

Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema  
Bubbledeck de Vacíos Esféricos

### PARTE A: DATOS DEL EXPERTO

- Apellidos y Nombres : Parodes Aguilar Luis
- Grado académico : Ingeniero Civil - Magister
- Título profesional : Ingeniero Civil
- N° de registro CIP : 77374

### PARTE B: ASPECTOS A CONSIDERAR

- **Puntuación:**

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

0: *En desacuerdo*                      1: *De acuerdo*

- **Validez:**

- *Validez de contenido* :            Corresponde a medir la variable o dimensión.
- *Validez de constructo* :            Corresponde a medir el indicador planteado.
- *Validez de criterio* :                Clasificar según las categorías establecidas.

- **Especificaciones:**

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

---

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*

## JUICIOS DE EXPERTOS – CRITERIOS DE VALIDACION EXPERTO N°2 - HOJA N°2



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



### PARTE C: VALIDACIÓN

VALIDEZ	PREGUNTA	PUNTUACIÓN		OBSERVACIONES
De contenido	1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3 ¿El número de dimensiones es adecuado?	X		
	4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		X	
De constructo	6 ¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7 No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		X	
	11 ¿Los indicadores son medibles?		X	
De criterio	12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?		X	
	14 ¿La secuencia planteada es adecuada?	X		
	15 No es necesario considerar otros campos		X	
<b>TOTAL</b>				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Misgura.

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: Parades Aguirre Luis.

Especialista: Metodólogo [X] Temático [ ]

Grado: Maestro [X] Doctor [ ]

Título profesional: Ingeniería Civil

N° de registro CIP: 77374

*Nota:* Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

  
 CIP N° 77374

Firma y sello del profesional evaluador

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*

# JUICIOS DE EXPERTOS – CRITERIOS DE VALIDACION EXPERTO N°3 - HOJA N°1



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



## VALIDACIÓN POR EXPERTOS

Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema  
Bubbledeck de Vacíos Esféricos

### PARTE A: DATOS DEL EXPERTO

- Apellidos y Nombres : SINACAHUA TENAZO JHON HAROL
- Grado académico : MAGISTER
- Título profesional : INGENIERO CIVIL
- N° de registro CIP : 236284

### PARTE B: ASPECTOS A CONSIDERAR

- **Puntuación:**

En las siguientes páginas usted evalúa los instrumentos de recolección de datos para poder validarlos.

En las respuestas, por favor marque con una "X" la respuesta escogida entre las opciones que se presentan:

0: *En desacuerdo*

1: *De acuerdo*

- **Validez:**

- *Validez de contenido* : Corresponde a medir la variable o dimensión.
- *Validez de constructo* : Corresponde a medir el indicador planteado.
- *Validez de criterio* : Clasificar según las categorías establecidas.

- **Especificaciones:**

- Claridad
- Objetividad
- Consistencia
- Coherencia
- Pertinencia
- Suficiencia
- Relevancia

---

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*

## JUICIOS DE EXPERTOS – CRITERIOS DE VALIDACION EXPERTO N°3 - HOJA N°2



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



### PARTE C: VALIDACIÓN

VALIDEZ	PREGUNTA	PUNTUACIÓN		OBSERVACIONES
De contenido	1 ¿El instrumento persigue el fin del objetivo general?		X	
	2 ¿El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos?		X	
	3 ¿El número de dimensiones es adecuado?		X	
	4 ¿Hay claridad en la estructura de los instrumentos?		X	
	5 ¿Las hipótesis planteadas se contrastarán con la información recolectada en los instrumentos?		X	
De constructo	6 ¿El número de indicadores es adecuado?		X	
	7 No existe ambigüedad en los indicadores		X	
	8 ¿Los indicadores considerados son acorde al nivel de información necesitada?		X	
	9 ¿Los indicadores miden lo que se busca investigar?		X	
	10 ¿Las dimensiones consideradas bastan para evaluar la variable?		X	
	11 ¿Los indicadores son medibles?		X	
De criterio	12 ¿Los instrumentos se comprenden con facilidad?		X	
	13 ¿Las opciones del instrumento se presentan en orden lógico?	X		
	14 ¿La secuencia planteada es adecuada?		X	
	15 No es necesario considerar otros campos	X		
<b>TOTAL</b>				

Observaciones (precisar si hay suficiencia): NINGUNA

Opinión de aplicabilidad: *Aplicable* [] *Aplicable después de corregir* [  ] *No aplicable* [  ]

Apellidos y nombre(s) del juez evaluador: SINARAHUA FENAZO JOHN HAROL

Especialista: *Metodólogo* [  ] *Temático* []

Grado: *Maestro* [] *Doctor* [  ]

Título profesional: *Ingeniería Civil*

N° de registro CIP: 236284

*Nota:* Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

  
  
 Sinarahu Fenazo  
 INGENIERO CIVIL  
 Firma y sello del profesional evaluador

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*

# DECLARACIÓN JURADA DE EXPERTOS EXPERTO N°1



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
*Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil*



## DECLARACIÓN JURADA DE EXPERTO EN VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Yo, *CORNELIO MUÑOZ, Isaac Neil Ubaldo* de Nacionalidad Peruana, identificado con, *DNI N° 47020429*, de profesión, Ingeniero Civil. *Magister en Gestión Pública* domiciliado en Jr. Gamaniel Blanco 218 – 27 de Noviembre, Distrito Yanacancha, Provincia y Región Pasco, laborando en la actualidad en la Municipalidad Distrital de Yanacancha - Gerencia de Infraestructura, **DECLARO BAJO JURAMENTO** lo siguiente:

Haber revisado y validado los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados en el trabajo de investigación "*Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema Bubbledeck de Vacíos Esféricos*" para obtener el Grado académico de Ingeniero Civil del estudiante, *ATENCIO CARHUARICRA, Angel Alcides* con DNI N° 73446901 y *MALPICA ALEJANDRO, Kelvin Sabino* DNI N° 73471555 de la Escuela de Formación Profesional de *Ingeniería Civil*, en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, instrumentos que son confiables y se expone:

No teniendo ningún tipo de sanción ÉTICA, me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento a los 25 días del mes de enero del 2023.

Firma del profesional evaluador

DNI N° : 47020429

CEL : 929 281 215

---

*Declaración jurada de experto en validación de instrumentos para recolección de datos*

## DECLARACIÓN JURADA DE EXPERTOS EXPERTO N°2



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil



### DECLARACIÓN JURADA DE EXPERTO EN VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Yo, *PAREDES AGUILAR, Luis* de Nacionalidad Peruana, identificado con, *DNI N° 01158952*, de profesión, Ingeniero Civil. *Magister en Tecnología de la Construcción* domiciliado en Jr. Atumpampa N° 470, Distrito Morales, Provincia y Región San Martín, laborando en la actualidad como trabajador independiente, **DECLARO BAJO JURAMENTO** lo siguiente:

Haber revisado y validado los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados en el trabajo de investigación "*Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema Bubbledeck de Vacíos Esféricos*" para obtener el Grado académico de Ingeniero Civil del estudiante, *ATENCIO CARHUARICRA, Angel Alcides* con DNI N° 73446901 y *MALPICA ALEJANDRO, Kelvin Sabino* DNI N° 73471555 de la Escuela de Formación Profesional de *Ingeniería Civil*, en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, instrumentos que son confiables y se expone:

No teniendo ningún tipo de sanción ÉTICA, me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento a los 30 días del mes de enero del 2023.

Firma del profesional evaluador  
DNI N° : 01158952  
CEL : 955 131 535

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*

## DECLARACIÓN JURADA DE EXPERTOS EXPERTO N°3



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión  
Facultad de Ingeniería  
*Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil*



### DECLARACIÓN JURADA DE EXPERTO EN VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Yo, *SINARAHUA TENAZOA, Jhon Harol* de Nacionalidad Peruana, identificado con, *DNI N° 43872184*, de profesión, Ingeniero Civil. *Magister en Gestión Pública* domiciliado en Jr. Sinchi Roca N°499 AA. HH Progreso, Distrito banda de Shilcayo, Provincia y Región San Martín, laborando en la actualidad como trabajador independiente, **DECLARO BAJO JURAMENTO** lo siguiente:

Haber revisado y validado los instrumentos de recolección de datos para ser aplicados en el trabajo de investigación "*Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema Bubbledeck de Vacíos Esféricos*" para obtener el Grado académico de Ingeniero Civil del estudiante, *ATENCIO CARHUARICRA, Angel Alcides* con DNI N° 73446901 y *MALPICA ALEJANDRO, Kelvin Sabino* DNI N° 73471555 de la Escuela de Formación Profesional de *Ingeniería Civil*, en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, instrumentos que son confiables y se expone:

No teniendo ningún tipo de sanción ÉTICA, me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento a los 23 días del mes de enero del 2023.

  
.....  
..... INGENIERO CIVIL .....  
Firma del profesional evaluador  
DNI N° : 43872184  
CEL : 931 133 714

*Validación de instrumentos a través de juicio de experto*





## VALIDEZ DE CONTENIDO POR CRITERIO DE EXPERTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIELALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TÍTULO : "Análisis de Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema Bubbledeck de Vacíos Esféricos

AUTORES : Angel Alcides ATENCIO CARHUARICRA - Kelvin Sabino MALPICA ALEJANDRO

ASESOR : Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

DE CONTENIDO							V DE AIKEN
COEFICIENTE DE VALIDEZ V "AIKEN"				OPINIÓN DE EXPERTOS			
S	N	C	ITEM	E1	E2	E3	
3	3	2	1	1	1	1	1
3	3	2	2	1	1	1	1
2	3	2	3	0	1	1	1
3	3	2	4	1	1	1	1
3	3	2	5	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>							<b>0.93</b>

DE CONSTRUCTO							V DE AIKEN
COEFICIENTE DE VALIDEZ V "AIKEN"				OPINIÓN DE EXPERTOS			
S	N	C	ITEM	E1	E2	E3	
1	3	2	6	0	1	0	0
3	3	2	7	1	1	1	1
3	3	2	8	1	1	1	1
3	3	2	9	1	1	1	1
2	3	2	10	0	1	1	1
2	3	2	11	1	1	0	1
<b>TOTAL</b>							<b>0.78</b>

DE CRITERIO							V DE AIKEN
COEFICIENTE DE VALIDEZ V "AIKEN"				OPINIÓN DE EXPERTOS			
S	N	C	ITEM	E1	E2	E3	
3	3	2	12	1	1	1	1
3	3	2	13	1	1	1	1
2	3	2	14	0	1	1	1
3	3	2	15	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>							<b>0.92</b>

*Luis Miguel Escurra M.*

*El Coeficiente de Validez V (Aiken, 1980; 1985)*

Es un coeficiente que se computa como la razón de un dato obtenido sobre la suma máxima de la diferencia de los valores posibles. Puede ser calculado sobre las valoraciones de un conjunto de jueces con relación a un ítem o como las valoraciones de un juez respecto a un grupo de ítems. Así mismo las valoraciones asignadas pueden ser dicotómicas (recibir valores de 0 o 1) o politómicas (recibir valores de 0 a 5). Para nuestro caso se calculará para respuestas dicotómicas y el análisis de un ítem por un grupo de jueces, haciendo para ello uso de la siguiente fórmula:

$$V = \frac{S}{(n(c - 1))}$$

*Siendo:*

- \* S = La sumatoria de si
- \* Si = Valor asignado por el juez i,
- \* n = Número de jueces
- \* e = Número de valores de la escala de valoración (2, en este caso).

V = > 0.8 = Posee una ADECUADA VALIDÉZ  
 V = < 0.7 = No Posee una ADECUADA VALIDÉZ

**VALIDEZ TOTAL**  
**0.88**

LEYENDA	SI	:	1
	NO	:	0

*Elaboración Propia.*

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Análisis del Comportamiento de Losas Aligeradas, Con la Aplicación del Sistema de Vacíos Esféricos.

	Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<b>General</b>	¿Cuál sería el comportamiento estructural de losas con vacíos esféricos (bubbledeck) y losas aligeradas?	Demostrar un comportamiento estructural con sus análisis de resistencia entre la losa tradicional y la losa con vacíos esféricos (bubbledeck), a la vez ampliar el conocimiento a los proyectistas en ingeniería con sus ventaja y desventaja de cada tipo de losa.	Las losas con vacíos esféricos (bubbledeck) nos da un excelente comportamiento estructural frente a la losa convencional.	<b>Dependiente:</b> Y: Resistencia de la losa.	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada  <b>Nivel de Investigación:</b> Descriptivo  <b>Diseño de la investigación:</b> No experimental - Transversal  <b>Población:</b> Losas con vacíos esféricos  <b>Muestra:</b> Proyecto de vivienda de cuatro pisos de hormigón armado sin vigas aligerada por esferas de plástico  <b>Muestreo:</b> Probabilístico
<b>Específicos</b>	¿Cuáles son los elementos estructurales al utilizar el bubbledeck en una losa?  ¿Cuáles son las fallas en el corte y momentos producidos en las dos losas?  ¿Cuál es el diseño de losa más económico y sustentable?	Consolidar el proceso constructivo de losas aplicando el Bubbledeck.  Innovar a los proyectistas con el conocimiento de esta investigación con sus resistencias y procesos.  Realizar un análisis comparativo de costo de materiales entre la losa tradicional y losa con vacíos esféricos (bubbledeck).	Las secciones estructurales empleando el sistema bubbledeck sería mínimo frente a una losa aligerada.  El sistema de carga de servicios sería más altas en el bubbledeck que en la losa aligerada.  Las losas con vacíos esféricos serían los más económicos por su poca utilidad del hormigón frente a la losa convencional.		

Fuente: Elaboración propia