

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis de eficiencia entre una losa maciza y una losa
prenova – Nueva Esperanza, Huaraz – 2018**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Claider Franklin Dominguez Caro

Asesor

Elencio Melchor Mejía Oncoy

Huaraz-Perú

2020

TITULO

Análisis de eficiencia entre una losa maciza y una losa prenova – Nueva
Esperanza, Huaraz – 2018

PALABRAS CLAVE:

Tema Estructuras

Especialidad Ingeniería civil

KEY WORDS:

Subject Structures

Specialty Civil engineering

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Estructuras

Área Ingeniería

Subarea Ingeniería Civil

Disciplina Ingeniería civil

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo principal determinar la eficiencia sísmica de una edificación al sustituir una losa maciza por una losa prenova, Se identifico el problema de que la losa maciza es un elemento estructural con un comportamiento sísmico muy eficiente según los análisis, diseño y según proceso constructivo. Sin embargo, presenta una problemática al momento de cubrir grandes luces. Aumenta el peso, los materiales, mano de obra y también el costo.

Por tanto, esta investigación considero solucionar el problema de la losa maciza al cubrir grandes luces sin perder la eficiencia, por lo cual la solución a este problema es alivianar la losa maciza usando un material que cuente con un peso muy ligero, logrando así reducir el peso, mano de obra y costos La metodología aplicada fue de investigación tecnológica, aplicada descriptiva con una población y muestra conformada por una edificación con concreto armado con losa maciza en su totalidad sustituida por losa prenova en su totalidad.

Se identificó el problema ¿Cuál es el impacto de sustituir una losa maciza por una losa prenova en la eficiencia sísmica de una edificación?, la cual tuvo como hipótesis al sustituir una losa maciza por una losa prenova el impacto frente a la eficiencia sísmica mejora, de lo cual se obtuvo los resultados para losa prenova con 0.56 cm de deflexión, se concluye que las edificaciones con losa prenova tienen un mejor comportamiento y el costo se ve reducido a un 2.57% por m² en la losa.

ABSTRACT

The main objective of this research work was to determine the seismic efficiency of a building when substituting a solid slab for a prenova slab. The problem was identified that the solid slab is a structural element with a very efficient seismic behavior according to the analysis, design and according to the construction process. However, it presents a problem when covering large lights. It increases the weight, materials, labor and also the cost.

Therefore, this research considers solving the problem of the solid slab by covering large spans without losing efficiency, so the solution to this problem is to lighten the solid slab using a material that has a very light weight, thus reducing the weight, labor and costs. The applied methodology was technological research, descriptive application with a population and sample made up of a building with reinforced concrete with a solid slab in its entirety replaced by a prenova slab in its entirety.

The problem was identified: What is the impact of replacing a solid slab with a prenova slab on the seismic efficiency of a building? which had as a hypothesis when replacing a solid slab with a prenova slab the impact versus the seismic efficiency improves from which the results were obtained for prenova slab with 0.56 cm of deflection, it is concluded that buildings with prenova slab have better performance and the cost is reduced to 2.57% per m² in the slab.

Índice General

Título	i
Palabras Clave	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	1
Metodología	18
Resultados	21
Análisis Y Discusión	33
Conclusiones	35
Recomendaciones	36
Agradecimiento	37
Referencias Bibliográficas	38
Anexos	40

Índice Figuras

Figura 01: Edificio con losa maciza, Desplazamiento lateral máximo en la dirección X.....	23
Figura 02: Edificio con losa maciza, Desplazamiento lateral máximo en la dirección Y.....	24
Figura 03: Edificio con losa prenova, Desplazamiento lateral máximo en la dirección X.....	26
Figura 04: Edificio con losa prenova, Desplazamiento lateral máximo en la dirección Y.....	27
Figura 05: Desplazamientos máximos X-X.....	30
Figura 06: Desplazamientos máximos Y-Y.....	31
Figura 07: Periodos según modos de vibración.....	31
Figura 08: Deflexión máxima de las losas.....	32
Figura 09: Terreno donde se realiza la investigación.....	49
Figura 10: Armadura para losa maciza en dos direcciones.....	50
Figura 11: Comportamiento a flexión de las esferas de plástico llenas de aire en losas prenova.....	50
Figura 12: Distribución de las esferas de plástico Llenas de aire en losas prenova.....	51
Figura 13: Armado de entrepisos con esferas de plástico.....	51
Figura 14: Modelamiento de la edificación con losa maciza.....	52
Figura 15: Desplazamiento máximo por piso en respuesta dinámico en el eje X.....	52
Figura 16: Desplazamiento máximo por piso en respuesta dinámico en el eje Y.....	53
Figura 17: Modelamiento de la edificación con losa prenova.....	53
Figura 18: Desplazamiento máximo por piso en respuesta dinámico en el eje X.....	54

Figura 19: Desplazamiento máximo por piso en respuesta dinámico en el eje Y.....	55
Figura 20: Análisis granulométrico por tamizado	56
Figura 21: Contenido de humedad.....	57
Figura 22: Limite de consistencia.....	58
Figura 23: Clasificación de suelos.....	59
Figura 24: Capacidad de carga de suelo	60

Índice de Tablas

Tabla 01. Técnicas e instrumentación de investigación.....	19
Tabla 02. Principales características de una edificación con losa maciza y losa prenova.....	21
Tabla 03. Edificio con losa maciza, Desplazamientos máximos en el eje X.....	22
Tabla 04. Edificio con losa maciza, Desplazamientos máximos en el eje Y.....	23
Tabla 05. Edificio con losa maciza, Periodos y frecuencias.....	24
Tabla 06. Edificio con losa prenova, Desplazamientos máximos en el eje X.....	25
Tabla 07. Edificio con losa prenova, Desplazamientos máximos en el eje Y.....	26
Tabla 08. Edificio con losa prenova, Periodos y frecuencias.....	28
Tabla 09. Diseño de losas.....	28
Tabla 10. Evaluación económica de las losas.....	29
Tabla 11. Eficiencia sísmica de las losas.....	30
Tabla 12. Conceptuación y operacionalización de las variables.....	40
Tabla 13. Determinación de peso de la edificación según tipo de losa.....	41
Tabla 14. Resultados de diseño de las losas.....	41
Tabla 15. Análisis de costos unitarios.....	42
Tabla 16. Presupuesto.....	48

I. INTRODUCCION

En la actualidad la losa prenova en nuestro país aún no existe este tipo de elemento estructural, pero al hablar de losas nos encontramos con una gran variedad de tipos de losas tradicionales y modernas, desde hace mucho tiempo atrás se ha utilizado las losas tradicionales y conforme el tiempo avanza se han implementado nuevos métodos y/o sistemas para la construcción de losas, estos sistemas y/o métodos se siguen manteniendo según criterios, costos, mano de obra y gustos del personal. Desde el punto de vista de la ingeniería se tiene un fin único la cual es obtener resultados más eficientes y manteniendo la calidad de la estructura, pero reduciendo los costos. Y es así que desde los tiempos más antiguos como resultado fueron años de investigación que en el año 2011 se desarrolló una nueva técnica implantada con nuevos materiales para la construcción de la losa, un claro ejemplo de esto es el del país más cercano Chile.

Chile país donde la investigación tuvo nacimiento teniendo como responsables a los arquitectos: Ricardo Levinton y Luciana Levinton, son responsables también de llevar estos descubrimientos a países europeos, Países bajos, Portugal, Rusia, Polonia, Italia, Reino unido, etc. Este estudio tiene como finalidad sustituir la losa maciza por la losa PRENOVA, este al tener muchas ventajas es una buena alternativa de fundición de losas, la construcción de este tipo de losa está teniendo mucho éxito a nivel mundial por lo cual también podemos encontrarla con nombres diferentes tales como: Losas sin vigas con esferas, hormigón con burbujas, losas alivianadas con esferas o discos, PRENOVA y COBIAX, al final se refiere a la misma estructura.

Es por ello que se estudió a autores a nivel internacional, Basantes (2016), en su tesis de pregrado titulada *Análisis de eficiencia estructural entre una losa nervada y una losa alivianada con pelotas de plástico reciclado, realizada en la Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador*: tuvo como objetivo Analizar el comportamiento estructural de una losa alivianada con pelotas de plástico reciclado con relación a una losa nervada.

El tipo de investigación fue experimental descriptivo, tuvo como resultado: que la losa alivianada presenta mejor eficiencia que una losa nervada, concluyo que: Las dos tienen un comportamiento estructural eficiente que ninguna requiere de un refuerzo adicional o incremento de sus secciones. Los resultados reflejan que la losa alivianada con pelotas de plástico sufre mayor deflexión teniendo así un valor de 0.57cm a relación de la losa nervada que tiene un valor de deflexión de 0.03cm. Los resultados del análisis revelaron que la losa alivianada con pelotas de plástico sufrió menor deflexión a comparación de la losa nervada, teniendo deformaciones de 1.0mm a 1.2mm respectivamente.

Taveras & Garcia (2016), en su tesis de pregrado titulada *Análisis comparativo de losas estructurales convencionales de hormigon armado (no pre-forzado) para entrepisos, realizada en la universidad nacional Pedro Henríquez Ureña – Santo Domingo*, tuvo como objetivo general analizar y comparar las diferentes losas de entrepiso no pre-esforzado que se utilizan en República Dominicana, sus costos y la eficiencia estructural que muestran cada una de ellas. El tipo de investigación fue no experimental, concluyeron que: Según los estudios realizados, bajos las condiciones asignadas a los modelos de estudio concluimos que las losas macizas no pueden ser construida en luces no más de 8 metros ya que a los 9 metros no cumple con las condiciones estructurales impuestas por la norma. También concluyen que: Las losas macizas son más simples en su ejecución porque las nervadas utiliza materiales adicionales tales mallas electro-soldadas, bloque de poli-estireno, el acero de longitudinal y transversal de los nervios y la mano de obra adicional que tiene las losas nervadas que la losa maciza no posee.

También a nivel nacional, Flores & Gobeia (2017), en sus tesis de pregrado titulada *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de 16 pisos y un sótano aplicando la nueva norma E.030-2016, Diseño sismoresistente, realizada en la universidad Católica Santa María, Arequipa*; tuvo como objetivo general el análisis y diseño de una edificación de concreto armado de 16 pisos y un sótano aplicando la nueva norma E.030-2016 “Diseño Sismoresistente”. El tipo de investigación fue no

experimental, concluyeron que: el peso por metro cuadrado de un edificio irregular será mayor a $1\text{Tn}/\text{m}^2$. El edificio está estructurado por pórticos y muros de corte de concreto, los cuales aportan rigidez a la estructura, además de losas aligeradas combinadas con losas macizas armadas en dos direcciones dando el comportamiento de diafragma rígido. Se toma en cuenta el porcentaje de fuerza cortante que reciben los muros de corte y las columnas, para establecer si el edificio es un sistema de muros estructurales la nueva norma establece que al menos el 70 % de la cortante debe ser absorbido por las cortantes variando con respecto a la norma anterior en que al menos tenía que ser el 80%.

Cruz & Dieguez (2015), en su tesis de pregrado titulada *análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de diseño sismoresistente en la urbanización Soliluz-Trujillo realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego – Trujillo*, tuvo como objetivo general realizar el análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de diseño sismoresistente en la urbanización Soliluz-Trujillo. El tipo de investigación fue no experimental, concluyeron que: de usar un sistema de muros estructurales para que cumpla con las derivas al no ser los desplazamientos horizontales excesivos. Los esfuerzos sísmicos gobiernan el diseño, por eso la importancia de emplear correctamente la norma de diseño sismoresistente. Incluir muros de corte en ambas direcciones, los cuales proporcionan una gran rigidez lateral al edificio, este criterio se ha aplicado en el presente proyecto. Es un buen criterio el uso de placas pues las estas tomaron el 80% de porcentaje del cortante sísmico y se han limitado los desplazamientos horizontales.

JUSTIFICACION

A nivel científico el proyecto beneficia el avance de la tecnología en la ingeniería sísmica porque permitirá conocer las ventajas y la seguridad de un sistema nuevo y que tan eficiente es ante un sismo. Además de eso al sustituir la losa maciza por

losa prenova el peso de la edificación se reduce considerablemente y así poder cubrir una luz más grande.

A nivel Social, ampliar el conocimiento de los profesionales en cuanto al avance de la tecnología constructiva, tener una información de un elemento estructural con nuevos materiales y poder definir o elegir qué tipo de elemento se ajusta mejor a las necesidades solicitadas.

A nivel Económico, beneficia a los empresarios y público en general que busca mejores opciones económicas en el mundo de la construcción sin perder la calidad y eficiencia. Porque al usar nuevos materiales, ligero y en su mayoría reciclados no solo se ayuda a la edificación disminuir el peso, sino que también se reduce la contaminación ambiental, además de eso se puede cubrir luces mucho más grandes a diferencia de la losa maciza, por tanto, el empresario tendrá la información necesaria y elegir lo que mejor ayuda económicamente a su empresa, pero sin perder la calidad.

PROBLEMA

¿Cuál es el impacto de sustituir una losa maciza por una losa prenova en la eficiencia sísmica de una edificación?

De lo anterior se tiene el marco teórico de todo el proyecto de investigación y con relación a la conceptualización y operacionalización de las variables, se presenta en la siguiente tabla

Tabla 1. Conceptuación y operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	indicadores
Variable independiente (X):	Es una operación que consiste en reducir el volumen del concreto de la losa maciza a través de la esfera de plástico llena de aire.	Se realizará según las características de los materiales	Esfera de plástico llena de aire Tiempo de construcción Resistencia del concreto	Forma Contenido de aire Mano de obra Habilitado Materiales
Variable dependiente (Y):	Es la capacidad que tiene una edificación para una adecuada función durante la actividad sísmica.	Se realizará de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones que rige en Perú	Parámetros de sitio Rigidez	Amplificación sísmica Tipo de suelo Categoría Zona sísmica Factor de uso Desplazamiento lateral

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

De las revisiones anteriores de los distintos autores se presenta el marco teórico, Según Ministerio de Vivienda (2016), define al concreto armado como un material compuesto por concreto (agregado fino, agregado grueso, cemento y agua) y acero, capaz de resistir fuerzas de compresión (mayormente en su porcentaje), torsión y flexión. Cumpliendo con las siguientes características: resistencia a compresión del concreto (f'_c), módulo de poisson del concreto (ν) y módulo de elasticidad del concreto (E_c); así mismo esfuerzo de fluencia (F_y) y módulo de elasticidad del acero (E_s).

Además, **Loayza & Chávez** (2015) afirman que la estructuración da inicio con los planos de arquitectura, se comienza a estructurar el proyecto. Se busca alterar lo menos posible la arquitectura del edificio, por lo que se ubican los muros de corte y columnas respetando las áreas libres proyectadas en los planos de arquitectura, este predimensionamiento determina las dimensiones tentativas a los elementos estructurales según recomendaciones basadas en la experiencia y práctica ingenieril, en la norma E.060 del RNE o en limitaciones arquitectónicas, las cuales se deben verificar al momento del diseño final.

Además de ubicar simétricamente todos los elementos estructurales (vigas, columnas, placas, losas, muros), mediante el predimensionamiento cuya geometría se obtiene del plano de distribución arquitectónica, cabe mencionar que dichos elementos serán diseñados en una etapa posterior. La funcionalidad, la seguridad, la estética, la economía y la simpleza son muy importantes para una estructuración. Pensando en la uniformidad y la continuidad de todos los elementos estructurales que serán capaces de soportar todas las solicitaciones en las que estará sujeto la edificación durante su vida útil.

También mencionan que las columnas son elementos estructurales cuya función es de soportar las cargas verticales, por lo cual deberán ser tratadas con mayor importancia e estudiada cuidadosamente. La columna en una zona sísmica deberá contar con un área

mínima de 1000 cm² en tanto el predimensionamiento determinara el área de la columna según el área de servicio como sigue: para columna central $A_c = P_{serv}/0,45f_c$, para columna exterior o lateral $A_c = P_{serv}/0,35f_c$, y de manera general para columnas cuadradas $a^4 = ((2n+1)A_t h^2)/(3n_c)$; donde n: número de pisos, A_t : área techada en m², h: altura promedio en cm y n_c : número de columnas, siendo “a” lado del cuadrado en cm.

En cuanto a los muros de corte también se menciona que, para el predimensionamiento del espesor de las placas de una edificación, en cada dirección, se puede hacer uso de un método aproximado, el cual consiste en calcular las fuerzas cortantes en la base, con el método estático establecido en la Norma Peruana Sismorresistente, e igualarlos a la suma de la resistencia al corte de las placas. El cálculo referencial de la sumatoria de la resistencia al corte de las placas se puede estimar considerando solo el aporte del concreto mediante la siguiente expresión: $0,53\sqrt{f'_c}(b)(L)$, siendo b = espesor referencial estimado de las placas, L = sumatoria de los metros lineales posibles de placas. Los metros lineales posibles de placas ya se habrán definido previamente al estructurar la edificación. Para el predimensionamiento se aplica un método aproximado que consiste en igualar la fuerza cortante basal a la suma de la resistencia del concreto de las placas. $V_{st} = \phi V_c = 0,85 \times 0,53 f'_c (t) l$; $l = V_{st} / (0,85 \times 0,53 f'_c (t))$.

Además, la rigidez es la propiedad de un cuerpo, elemento o estructura capaz de soportar cargas o tensiones oponiéndose a las deformaciones y/o desplazamientos. Mientras más rígido sea una edificación mayor será la oposición al desplazamiento, pero si aumentamos la rigidez aumentamos el peso y con este si la edificación aumenta de peso aumenta su periodo.

Flores, Gobeia & Blanco (2017), manifiestan que toda estructura debe ser continua desde la planta, así como en su elevación, con elementos que no cambien bruscamente la rigidez, evitando así concentraciones de esfuerzos, es decir, no deberán hacerse cambios bruscos sino reducciones paulatinas a manera de obtener una transición. Buscar simetría tanto en planta como en elevación resultara más eficiente para toda edificación pues estas simetrías ayudan en la eficiencia sísmica, simplicidad arquitectónica, materiales eficientes y haciendo uso adecuado de las normas sísmicas se diseñará y desarrollará una estructura más eficiente.

Andrade (2004), Manifiesta que las estructuras se clasifican como irregulares o regulares, según se tenga o no algún tipo de irregularidad en elevación o en planta. Los tipos de irregularidades que podemos encontrar en elevación son piso blando, irregularidad en masa, irregularidad geométrica vertical, discontinuidad en los sistemas resistentes, etc. Mientras que en planta encontramos irregularidades del tipo torsional, esquinas entrantes, discontinuidad del diafragma, entre otras.

También que el desplazamiento se da en toda edificación siendo la responsable la fuerza sísmica, por lo que es fundamental cumplir con el desplazamiento permitido según la normativa para evitar daños mucho más severos, el reglamento nacional de edificaciones (RNE) especifica cierto límite máximo para cada edificación según el material, tales como: concreto armado, acero, muros de corte, albañilería y madera.

Por su parte, manifiesta que el estudio del comportamiento de edificaciones ante acciones laterales es importante ya que los sismos imponen desplazamientos laterales a la estructura. Los daños en las edificaciones están directamente relacionados con los desplazamientos laterales. Por lo tanto, es importante estudiar el comportamiento sísmico de las edificaciones mediante la realización de ensayos experimentales de desplazamientos laterales.

Además de eso se tiene que en el **RNE E.030** (2016), norma que, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el artículo 16 (16.4), no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la tabla N-8, indica que para concreto armado el límite para desplazamiento lateral de entrepiso es 0,007. Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R indicados en el artículo 17(17.3) ni el cortante mínimo en la base especificada en el artículo 18 (18.2d).

Por su parte, **Flores, Gobeá & Blanco** (2017), manifiestan que para resistir fuerzas horizontales sin presentar deformación es necesario proveer a la estructura de elementos que aporten rigidez en sus direcciones principales. Las estructuras flexibles son más fáciles de analizar y de alcanzar la ductilidad deseada, más tiene dificultades en el proceso constructivo al existir congestión del acero de refuerzo en los nudos. Las estructuras rígidas tienen la ventaja de no tener mayores problemas constructivos, pero poseen la desventaja de no alcanzar ductilidades elevadas siendo su análisis más complicado es así que se incluye los muros de corte en edificios apertados con la finalidad de tener una combinación de elementos rígidos y flexibles, otorgando así una mejor posibilidad de la disipación de la energía sísmica.

Para realizar el análisis sísmico de una edificación el **RNE** (2016), manifiesta que el análisis sísmico consiste en realizar dos tipos de análisis, análisis estático y análisis dinámico. Del análisis estático se obtienen la fuerza cortante basal del edificio esta para limitar la cortante de diseño obtenida en el análisis dinámico. La cortante basal se halla con la siguiente expresión según la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismoresistente: $V=(ZUCS/R) P$.

Así mismo que para la determinación de la ubicación será según la zonificación sísmica (Z) estructuradas en 4 zonas tal cual es zona 1, zona 2, zona 3 y zona 4. El factor

Z se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años. Al departamento de Ancash se considera en zona 3 (todas las provincias) siendo su factor igual a 0,35. Realizando el estudio de sitio se podrá determinar los parámetros del suelo, (RNE E.030, 2016: 383).

De igual forma que para la determinación de la categoría de la edificación cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas según el tipo de uso que tendrá esta, llamado coeficiente de uso e importancia (U), para edificaciones comunes tipo vivienda cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia $U = 1,0$ (RNE E.030, 2016: 384).

Para determinar el factor de amplificación sísmica se realiza de acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión: $C=2,5 T_P/T$; $C \leq 2,5$. Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración del suelo.

También que la clasificación de los sistemas estructurales se clasifica según los materiales usados y el sistema de estructuración sísmoresistente predominante en cada dirección tal como se indica en la tabla N° 6, según esta clasificación se determinará R. así para una edificación con sistema aporticado $R=8$ y para sistema dual $R=7$.

Para el caso del peso de la edificación, El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación (carga muerta) un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina según categoría de la edificación, para toda edificación de categoría C se toma el 25% de la sobrecarga. Para calcular el peso de la edificación, se considera el metrado de cargas verticales, tanto para las cargas muertas (cm), como para las cargas vivas (cv) de la estructura. Las masas se obtienen dividiendo el peso entre la aceleración de la gravedad $g=9.81m/s^2$.

En cuanto a la determinación de los modos de vibración de una edificación se define que Toda estructura o un mecanismo que permanezca cerca de una posición de equilibrio estable, pudiendo realizar pequeños movimientos u oscilaciones alrededor de esa posición. Una variante sería un sistema cuyo movimiento objetivo sea una trayectoria determinada, admitiendo pequeñas oscilaciones o variaciones acotadas respecto de la misma. El modo de vibración para una estructura mínimamente es de 3 tipos por nivel, siendo el primer modo traslación en X, el segundo modo de vibrar es la traslación en Y, finalmente el tercer modo es rotación en Z.

Así mismo, **Amaguaña & Yumbay** (2016), sostienen que “el número de modos de vibrar que posee una estructura corresponde al mismo número de grados de libertad de ésta. Así, un edificio de 4 pisos le corresponderán 12 modos de vibrar”. Ante la eventualidad de un sismo, todos los edificios tienen un período natural o fundamental de vibración, el mismo que depende de las características geométricas y físicas de los elementos estructurales, es decir, se pueden modificar y variar secciones para obtener períodos de vibración deseados. El período de vibración es independiente de la intensidad del sismo.

Además de eso, **Amaguaña & Yumbay** (2016), las características físicas más importantes de las cuales depende el período de vibración de una edificación tenemos: La altura del edificio, pues a mayor altura, mayor período de vibración. La densidad de muros, pues a mayor densidad, menor período de vibración. La longitud del edificio en la dirección considerada, pues a mayor longitud, menor período de vibración. La rigidez del edificio, pues a mayor rigidez, menor período de vibración.

Teniendo en cuenta el marco conceptual de la variable independiente, sustitución de losa maciza por losa prenova, **Loayza & Chavez** (2015) afirman que las losas tienen dos funciones principales desde el punto de vista estructural: la primera, ligada a las cargas de gravedad, que es la transmisión hacia las vigas de las cargas propias de la losa, el piso

terminado, la sobrecarga y eventualmente tabiques u otros elementos apoyados en ellos; y la segunda, ligada a las cargas de sismo, que es la de trabajar como un diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura, logrando que las columnas y/o muros en los que se apoya se desplacen igual en cada nivel, El criterio para pre-dimensionar el espesor (h) de las losas macizas, se toma de la Norma E.060 Concreto Armado. Para un adecuado control de deflexiones con sobrecargas menores a 300 Kg/m² $h \geq L/30$.

Según **Basantes** (2016), afirma que las losas tradicionales se han venido utilizando desde hace mucho tiempo atrás, a pesar de que hoy en día se han implementado nuevos sistemas elaboración y fundición de losas, los métodos tradicionales se siguen manteniendo, dependiendo de criterios, presupuestos y gustos personales. Pero en el ámbito de la ingeniería, el propósito es conseguir buenos resultados, disminuyendo costos, pero manteniendo la misma calidad y eficiencia de nuestras estructuras, se ha implementado en el año 2011, un nuevo modelo de losa que de acuerdo a estudios realizados en otros países ha dado buenos resultados.

Además, Basantes (2016) menciona que Chile es el país en donde surgió la idea por los arquitectos Ricardo Levinton y Luciana Levinton, directores de Prenova, los mismos que han plasmado su nueva idea en varios países de Europa teniendo así en Países Bajos, Portugal, Chipre, Grecia, Italia, Polonia, Reino Unido, Sudáfrica, Francia, Estados Unidos, Australia, Irán, Eslovaquia, Hungría, Islandia y Rusia, cuyo resultado es la más eficiente porque este método de losas no solo se puede usar en techo también hacer uso de la misma en plateas de cimentación logrando la misma eficiencia pero disminuyendo el peso.

Además de eso la losa prenova actúa como una losa maciza. La consecuencia es que sigue las mismas reglas y regulaciones por lo que se calculan igual que las losas macizas, con una masa reducida en un 40% por el uso de esferas de plástico alivianadas llenas de aire. Además, este tipo de tecnología aplicada en la construcción genera grandes

ahorros al reducir hasta un 30% el consumo de hormigón y un 20% de acero. A su vez, asegura la plasticidad necesaria para absorber cargas estáticas y dinámicas tales como la carga sísmica y la fuerza del viento por la colaboración entre tabiques de fachada, losas y núcleo. El comportamiento estructural y el método de cálculo usado para las losas Prenova son idéntico al de una losa maciza. Está comprobada, por pruebas de carga in situ (ver informe ITH), una mayor resistencia a la flexión y deformación comparada a las losas macizas, debido a la reducción del peso propio.

Las ventajas que se tiene son hasta un ahorro de 30% de hormigón y 20% de acero, Eliminando los contrapisos, carpetas y cielorrasos. Con este nuevo planteamiento se reduce el peso de la construcción y tenemos la posibilidad de inclusión de las tuberías dentro de la losa, instalaciones eléctricas, sanitaria, y losa radiante, aprobado para todo el país por la Secretaría de Vivienda pero que son muy pocos los países que estén haciendo uso de esta nueva tecnología en la construcción. Este tiene una capacidad ilimitada de producción al no requerir grúas para su montaje lo que lo hace mucho más fácil su proceso de construcción, Veloz y rápido, reduce a la mitad los tiempos de construcción.

Además de todo eso nos permite construir más niveles por edificio, manteniendo la mejor y eficiente resistencia sísmica. Facilidad de instalación de tuberías y conductos, gracias a la ausencia de vigas dentro del edificio, las normas del CIRSOC y ACI-318 2011. Esta nueva metodología de losa puede cubrir grandes luces sin vigas e importantes voladizos. Los materiales a usar son de gran flexibilidad, cuenta con una gran aislación térmica y acústica, nos permite la reducción del costo de construcción (entre 5% y 20% según la magnitud de la obra) y finalmente esta losa prenova se calcula como una losa maciza sin vigas.

Además de eso la sustentabilidad es que la contaminación ambiental se ve reducida en cuanto al CO² y cada 10.000 m² construidos. Porque se ahorran 1.000 m³ de hormigón que equivalen a 220 toneladas de dióxido de carbono que nosotros dejamos de

respirar. Certifica Normas LEED y Green Building. Y las esferas y discos usados son de material reciclado.

Además de eso que para el cálculo y diseño de losas se cuenta con una infinidad de métodos entre los más sofisticados el método ACI, método de los elementos finitos y el método de la teoría de las líneas de fluencia, Las losas son los elementos encargados de recibir todas las cargas de gravedad y transmitir las a las vigas; además de esto, conforman el diafragma rígido que compatibiliza el desplazamiento del resto de elementos estructurales de una edificación. Para el análisis y diseño de la prenova se tiene que el comportamiento estructural y el método de cálculo usado para losas con esferas de plástico son idénticos al de una losa maciza. De acuerdo a estudios realizados se comprobó que los resultados de corte son similares.

Además, el comportamiento a flexión en losas con pelotas de plástico según la revista de catálogos Prenova (2016), En las losas con pelotas de plástico los aliviamientos (pelotas plásticas) se ubican en medio de la sección en donde el hormigón tiene menos influencia, mientras que las partes sólidas se ubican en la parte superior y la parte inferior.

Además, el punzonamiento es un fenómeno de falla asociado a fuerzas localizadas en los extremos de los elementos, se producen comúnmente en casos de losas planas debido a altas reacciones por el contacto con columnas. Debido a que la capacidad de una losa ante esfuerzos cortantes y punzonamiento depende principalmente de la resistencia efectiva de hormigón, la resistencia ante estos esfuerzos en losas con pelotas de plástico se ve afectada por la presencia de las esferas que sustituyen el concreto, comúnmente estas losas se construyen bajo un diseño estructural que determina la magnitud de las fuerzas de corte y punzonamiento presentes y los valores con los cuales se sobrepasa la capacidad resistente, de forma que se aplican variantes constructivas al sistema. En casos donde las

reacciones sean altas las losas con pelotas de plástico se forman de tal manera que se omiten los alivianamientos en zonas próximas a los apoyos.

Con lo que se pudo analizar la **realidad problemática**, que a nivel mundial se busca una resistencia y una rigidez optima, por lo que los edificios son construidos de varias formas en lo que respecta su forma; ya sean cuadrada, rectangular, techos semicirculares, etc. Estas formas mencionadas se pueden resumir en forma regular y forma irregular, y conlleva a darle a la edificación la resistencia óptima ante uno de los desastres naturales de la tierra como son los terremotos todo ello mediante un análisis estructural dinámico. El análisis estructural dinámico da importancia a la aceleración de la estructura durante cierto grado de sismicidad, desde ya hace mucho se trata de reducir la fuerza sísmica haciendo uso de aisladores sísmicos, rigidez de la estructura (pórticos, muros de corte o sistema dual), estudio de la mecánica de suelos.

A nivel nacional, las edificaciones se construyen de manera convencional (losa aligerada), las edificaciones se construyen mayormente losas aligeradas sea en una dirección o dos direcciones, solo se cuenta en su mayoría con losa maciza en el caso de instalaciones sanitarias (estas porque en dichas áreas se hace uso de conexiones de red saneamiento y es usada una gran área para dichas instalaciones y se opta por hacer el encofrado de toda el área).

Las viviendas sean familiar o multifamiliar son construidas en su mayoría dejando de lado la reglamentación debido a muchos factores, tales como pueden ser: falta de información, no contar con la economía necesaria, etc. Entonces hacer la construcción personalmente o contratar un personal que lleva años de trabajo en la construcción, maestros de obra y se construye con losas aligeradas con nivel de edificación no mayor a 6. Se deja en el olvido total el análisis estructural dinámico (se desconoce la capacidad de resistencia de la estructura frente a un sismo, en su mayoría de las construcciones no se

determinan los desplazamientos laterales mucho menos se comparan estas con el RNE que tiene ya establecida el máximo desplazamiento lateral).

En todo proyecto de edificación que presente losa prenova es rechazada mayormente por personal que desconoce este tipo de estructuración, piensa que losa prenova es igual que losa maciza y por tanto el volumen de concreto será mayor por lo tanto el costo es muy elevado y el peso es aumentado bruscamente, y se opta por edificaciones con losa aligerada (aligerando con ladrillo techo o plancha de tecnopor).

A nivel local las edificaciones son construidas en diferentes zonas, por lo mismo que no es ajena a la modernización, sin embargo, son viviendas unifamiliares y multifamiliares construidas a no más de 5 ó 6 niveles con losas aligeradas (sea de pórticos o de albañilería) e losas combinadas (losa maciza y losa aligerada), ignorando por completo el tema de sismicidad y el estudio de la mecánica de suelos, son un mínimo de edificaciones que son diseñadas y construidas por un profesional responsable.

Además, la losa maciza es un elemento estructural con un comportamiento sísmico muy eficiente según los análisis, diseño y según proceso constructivo. Sin embargo, presenta una problemática al momento de cubrir grandes luces. Al momento del predimensionamiento nos damos cuenta que a mayor luz el espesor aumenta y por tanto es claro que el peso de la estructura aumenta, los materiales, mano de obra y también el costo. Por tanto, esta investigación pretende solucionar el problema de la losa maciza al cubrir grandes luces sin perder la eficiencia, por lo cual la solución a este problema es alivianar la losa maciza usando un material que cuente con un peso muy ligero y pueda cubrir así grandes luces, logrando así reducir el peso, mano de obra y costos.

En cuanto al parámetro de sitio en su mayoría de la edificación no se realiza el estudio de mecánica de suelos (tratan de basarse en la experiencia como construyen en

cierto lugar se cree que será lo mismo en otro lugar), y ello es un error, por tanto, es muy importante diseñar por fuerza sísmica una edificación, así como para la cimentación.

Hipótesis

Al sustituir una losa maciza por una losa prenova el impacto frente a la eficiencia sísmica mejora.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la eficiencia sísmica de una edificación al sustituir una losa maciza por una losa prenova.

Objetivos específicos

- ✓ Comparar las principales características de una edificación con losa maciza y losa prenova.
- ✓ Realizar el análisis sismo resistente de la edificación al tener un diseño de la losa maciza y losa prenova en su estructura.
- ✓ Evaluar económicamente el diseño de una losa maciza y losa prenova en una edificación.
- ✓ Evaluar la eficiencia sísmica de la sustitución de la losa maciza por una losa prenova en una edificación.

II. METODOLOGIA

2.1. Tipo y diseño de investigación

Es una investigación tecnológica, aplicada descriptiva. Se determinó los análisis y diseño de las estructuras usando Etabs y Excel, teniendo como objeto de estudio para la edificación un plano de arquitectura.

2.2. Población, muestra y muestreo

La población está conformada por una edificación con concreto armado con losa maciza en su totalidad sustituida por losa prenova en su totalidad.

La muestra tiene el mismo tamaño de la población.

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 1. Técnicas e instrumento de investigación.

VARIABLES	TECNICA	INSTRUMENTO	FUENTE
variable independiente (X)	investigación bibliográfica	Formatos Fichas bibliográficas	bibliotecas virtuales, libros físicos
sustitución de losa maciza por losa prenova	Análisis	Excel	Investigador
variable dependiente (Y): eficiencia sísmica de una edificación	Fuentes bibliográficas Análisis, interpretación	Reglamento nacional de edificaciones Etabs Excel	bibliotecas virtuales, libros físicos investigador

Fuente: elaboración propia, basado en el método del proyecto

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Teniendo en cuenta el objeto de estudio al plano arquitectónico, los criterios de estructuración y predimensionamiento se tiene para su análisis vigas de 30x60 cm, columnas cuadradas de 40 cm, muros de 1.20x30 cm, losa maciza y losa prenova con el fin de realizar la comparación se usará un espesor de 15 cm.

Además, las características del material, así como el valor de las cargas a usar según establece el RNE - E020 Cargas que la edificación es de concreto armado con un $f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$, módulo de elasticidad del concreto igual $232379.0008 \text{ Kg/cm}^2$ con una fluencia de 4200 Kg/cm^2 para el acero y con módulo de elasticidad del concreto igual a $2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ así mismo se tiene la edificación para uso exclusivo de vivienda con cargas para azotea igual 100 Kg/m^2 , para techos de entrepiso se tiene 200 Kg/m^2 , para la escalera una carga igual a 300 Kg/m^2 , acabados igual a 50 Kg/m^2 y para el piso terminado igual a 100 Kg/m^2 .

También para el espectro de pseudo-aceleraciones el RNE – 030 determina la zonificación, el factor de uso, valores para cada tipo de suelo, los valores por irregularidad, la amplificación sísmica y el factor de reducción según tipo de estructura.

III. RESULTADOS

3.1. Comparar las principales características de una edificación con losa maciza y losa prenova.

Para la caracterización se realizó para cada losa, las losas macizas son elementos estructurales en dos direcciones y una dirección así como los materiales ocupan todo el área del techo las cuales son: madera para encofrados, acero en dos direcciones tanto positivo y negativo, y el concreto que ocupa todo el volumen destinado; las losas prenova son elementos estructurales que cumplen casi los mismos objetivos porque sus características son similares por lo que su cálculo y diseño estructural la diferencia es que en su interior lleva esferas de plástico llenas de aire comprimida este material es el principal responsable de aligerar el peso, reducir costo, reducir volumen de concreto, finalmente para cada elemento estructural se determinó volúmenes sobre metro lineal, lo cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Principales características de una edificación con losa maciza y losa prenova.

DESCRIPCION	TIPO DE LOSA									
	LOSA MACIZA					LOSA PRENOVA				
	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	VOLUMEN	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	VOLUMEN
	PREDIMENSIONAMIENTO									
VIGA	1.00	0.30	0.60	0.30	0.18	1.00	0.30	0.60	0.30	0.18
COLUMNA	0.40	0.40	1.00	0.16	0.16	0.40	0.40	1.00	0.16	0.16
LOSA	1.00	1.00	0.15	1.00	0.15	1.00	1.00	0.15	1.00	0.11
MURO ESTRUCTURAL	1.50	0.30	1.00	0.45	0.45	1.20	0.30	1.00	0.36	0.36
	CARACTERISTICAS GENERALES									
PESO (Tn)				473.74					403.75	

Fuente: elaboración propia, basado en el método del proyecto

3.2. Realizar el análisis sismorresistente de la edificación al tener un diseño de la losa maciza y losa prenova en su estructura

Para realizar el análisis sismoresistente de la edificación se realizó teniendo en cuenta el RNE E-020: Cargas, E-030: Diseño sismoresistente y E-060: Concreto armado, este análisis sísmico realizado en el Etabs para cada la edificación dio como resultado los siguientes puntos principales: en la edificación con losa prenova los modos de vibración de la edificación se presentan con los siguientes resultados, el periodo 1 es igual a 0.279 s, periodo 2 es igual a 0.243 s y el tercer modo de vibración el periodo 3 es igual a 0.173 s, mientras que en la edificación con losa maciza los modos de vibración de la edificación se presentan con los siguientes resultados, el periodo 1 es igual a 0.279 s, periodo 2 es igual a 0.243 s y el tercer modo de vibración el periodo 3 es igual a 0.173 s.

Para un mejor análisis de los resultados a continuación se detalla cada resultado según el tipo de losa para la edificación. Para la edificación que cuenta con losa maciza se tienen los siguientes resultados principales para el análisis sismoresistente:

Resultados de desplazamientos máximos por piso

Tabla 3. Edificio con losa maciza, Desplazamientos máximos en X

DESPLAZAMIENTO L			
Story	Output Case	Direction	Maximum
			m
Story4	DX	X	0.020635
Story3	DX	X	0.012922
Story2	DX	X	0.007823
Story1	DX	X	0.002994

Fuente: Etabs 2018, basado en el método científico.

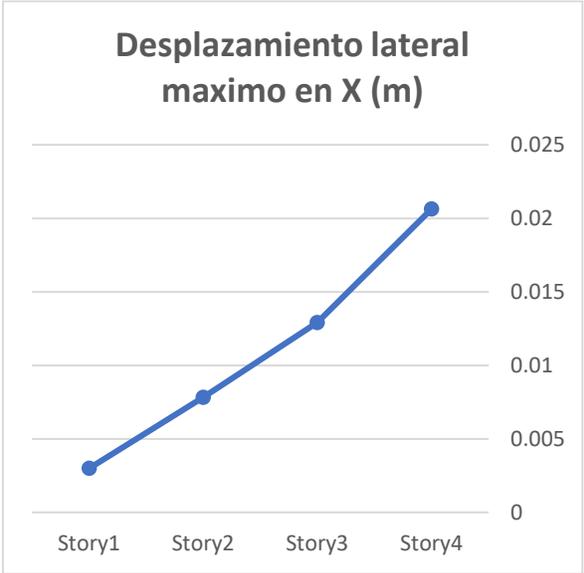


Figura 01. Edificio con losa maciza, Desplazamiento lateral máximo en la dirección X.
Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Tabla 4 . Edificio con losa maciza, Desplazamientos máximos en Y

Story	Output Case	Direction	DESPLAZAMIENTO L
			Maximum m
Story4	DY	Y	0.022875
Story3	DY	Y	0.015163
Story2	DY	Y	0.00895
Story1	DY	Y	0.0033

Fuente: Etabs 2018, basado en el método científico.

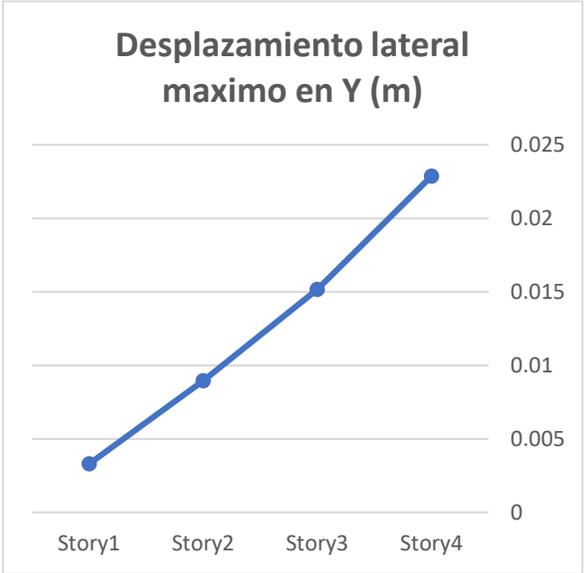


Figura 02. Edificio con losa maciza, Desplazamiento lateral máximo en la dirección Y.
Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Resultados de los eigen valores

Tabla 5. Edificio con losa maciza, Periodos y frecuencias

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.240	4.169	26.1927	686.060
Modal	2	0.218	4.585	28.8113	830.093
Modal	3	0.150	6.667	41.8889	1,754.684
Modal	4	0.093	10.717	67.3389	4534.5263
Modal	5	0.090	11.092	69.6952	4857.4189
Modal	6	0.071	14.031	88.1604	7772.2487
Modal	7	0.039	25.869	162.5391	26418.9431
Modal	8	0.037	26.681	167.6429	28104.1341
Modal	9	0.024	41.761	262.389	68847.9974
Modal	10	0.018	55.242	347.0939	120474.1983
Modal	11	0.018	56.957	357.8686	128069.9613

Modal 12 0.012 82.555 518.7089 269058.8819

Fuente: Etabs 2018, basado en el método científico del proyecto.

Para la edificación que cuenta con losa prenova se tienen los siguientes resultados principales para el análisis sísmoresistente:

Resultados de los desplazamientos máximos por piso

Tabla 6. Edificio con losa prenova, Desplazamientos máximos en X

DESPLAZAMIENTO L			
Story	Output Case	Direction	Maximum
			m
Story4	DX	X	0.02255
Story3	DX	X	0.017369
Story2	DX	X	0.01106
Story1	DX	X	0.004364

Fuente: Etabs 2019, basado en el método científico del proyecto.

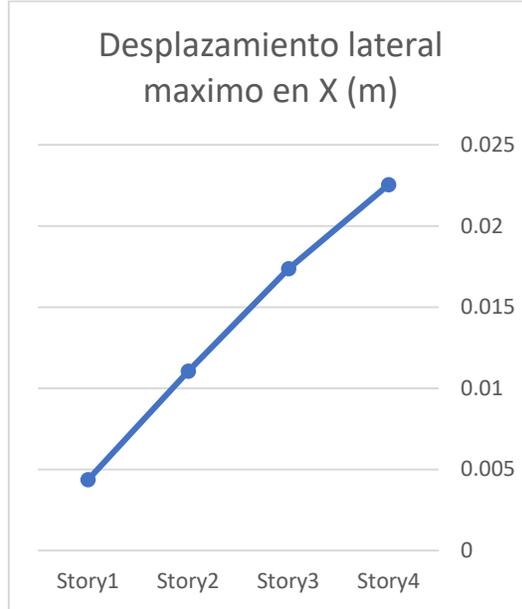


Figura 03. Edificio con losa prenova, Desplazamiento lateral máximo en la dirección X.
Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Tabla 7. Edificio con losa prenova, Desplazamientos máximos en Y

DESPLAZAMIENTO L			
Story	Output Case	Direction	Maximum m
Story4	DY	Y	0.028643
Story3	DY	Y	0.022014
Story2	DY	Y	0.013899
Story1	DY	Y	0.005356

Fuente: Etabs 2018, basado en el método científico del proyecto.

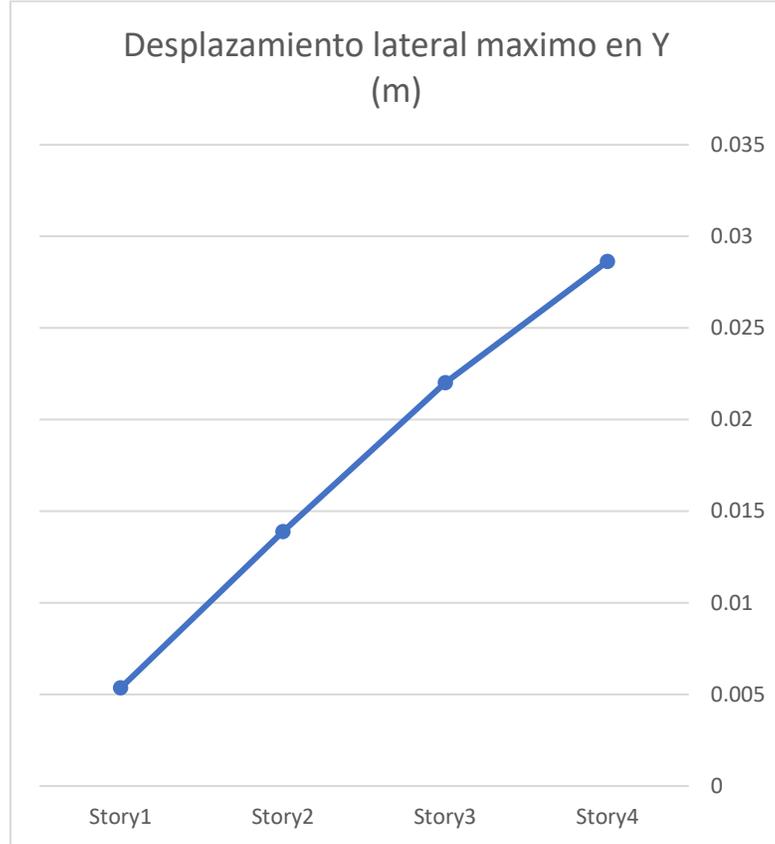


Figura 04. Edificio con losa prenova, Desplazamiento lateral máximo en la dirección Y. Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Resultados de los eigen valores

Tabla 8. Edificio con losa prenova, Periodos y frecuencias

Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0.279	3.581	22.5012	506.3035
Modal	2	0.243	4.112	25.8384	667.6244
Modal	3	0.173	5.779	36.3118	1318.5453
Modal	4	0.076	13.229	83.1198	6908.9024
Modal	5	0.067	14.868	93.4172	8726.7742
Modal	6	0.045	22.27	139.9252	19579.0483
Modal	7	0.033	30.089	189.0551	35741.8348
Modal	8	0.031	32.18	202.1959	40883.1627
Modal	9	0.019	53.301	334.8982	112156.7804
Modal	10	0.019	53.779	337.9008	114176.9795
Modal	11	0.009	106.641	670.0427	448957.2048
Modal	12	0.005	195.431	1227.929	1507809.746

Fuente: Etabs 2018, basado en la el método científico del proyecto.

En cuanto al diseño de las losas se tienen los siguientes resultados detallados por tipo de losa según cuadro.

Tabla 9. Resultados diseño de losas

RESULTADOS DE DISEÑO DE LAS LOSAS								
CORTANTE MAXIMO	LADO LARGO		LADO CORTO		ACERO		DEFLEXION TOTAL	DEFLEXION ADMISIBLE
	M. POSITIVO	M. NEGATIVO	M. POSITIVO	M. NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO		
LOSA MACIZA								
7.68 Tn/m	2335.99Kg-m/m	3397.80Kg-m/m	503.55Kg-m/m	732.43Kg-m/m	5.12 cm ² /m	6.05 cm ² /m	0.94 cm	1.17 cm
LOSA PRENOVA								
6.61 Tn/m	2012.30Kg-m/m	2926.99Kg-m/m	433.77Kg-m/m	630.95Kg-m/m	5.12 cm ² /m	5.12 cm ² /m	0.56 cm	1.17 cm

Fuente: elaboración propia, basado en el método del proyecto.

3.3. Evaluar económicamente el diseño de una losa maciza y losa prenova en una edificación.

En cuanto a la evaluación económica según tipo de losa se tienen los siguientes resultados:

Tabla 10. *Evaluación económica de las losas*

EVALUACION ECONOMICA DE UNA LOSA MACIZA Y LOSA PRENOVA						
ITEM	DESCRIPCION	UND.	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
01.00	LOSA MACIZA					S/.26,722.17
01.01	ENCOFRADO	m2	95.655	35.7	3414.884	
01.02	ACERO FY=4200 KG/CM2	Kg	2724.9888	6.62	18039.43	
01.03	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	14.35	308.21	4422.27	
01.04	DESENCOFRADO	m2	95.655	8.84	845.5902	
02.00	LOSA PRENOVA					S/.26,036.15
02.01	ENCOFRADO	m2	95.655	35.7	3414.884	
02.02	ACERO FY=4200 KG/CM2	Kg	2254.755	6.62	14926.48	
02.03	LOSA PRENOVA: ESFERAS DE PLASTICO	und.	956.55	3.77	3606.194	
02.04	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3	10.52	308.21	3243.00	
02.05	DESENCOFRADO	m2	95.655	8.84	845.5902	

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

3.4. Evaluar la eficiencia sísmica de la sustitución de la losa maciza por una losa prenova en una edificación.

La evaluación en cuanto a la eficiencia sísmica de una edificación con losa maciza sustituida por una losa prenova se tomó interés a las deflexiones y el peso total de la edificación y los resultados se presentan en el siguiente cuadro:

Tabla 11

Eficiencia sísmica de las losas

EFICIENCIA SISMICA LOSA MACIZA VS LOSA PRENOVA			
ITEM	DESCRIPCION	UND.	TOTAL
01.00	LOSA MACIZA		
01.01	PESO TOTAL	Tn	473.74
01.02	FLEXION INSTANTANEA	cm	0.3554
01.03	FLEXION A LARGO PLAZO	cm	0.5874
01.04	FLEXION ADMISIBLE	cm	1.17
01.05	FLEXION MAXIMA	cm	0.94
02.00	LOSA PRENOVA		
02.01	PESO TOTAL	Tn	403.75
02.02	FLEXION INSTANTANEA	cm	0.2072
02.03	FLEXION A LARGO PLAZO	cm	0.3543
02.04	FLEXION ADMISIBLE	cm	1.17
02.05	FLEXION MAXIMA	cm	0.56

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

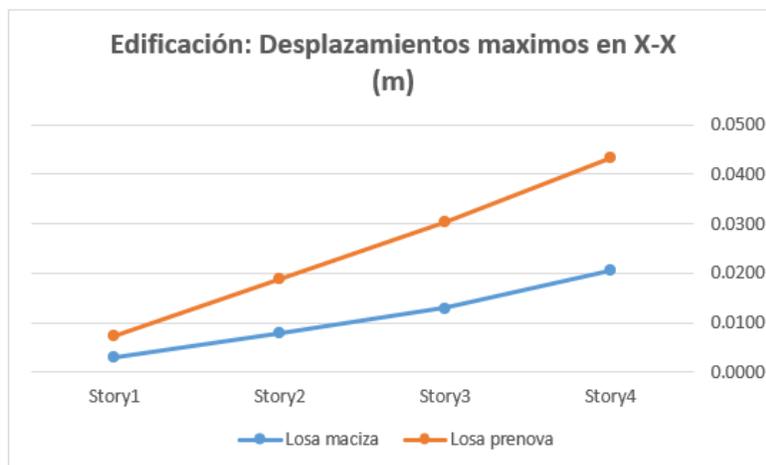


Figura 05. Desplazamientos máximos X-X. Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

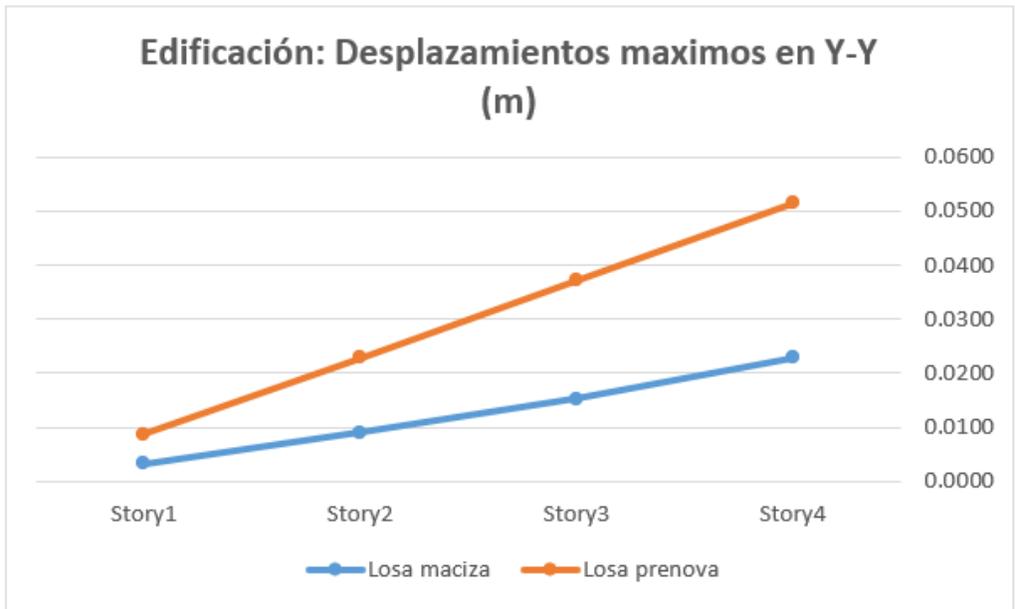


Figura 06. Desplazamientos máximos Y-Y. Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

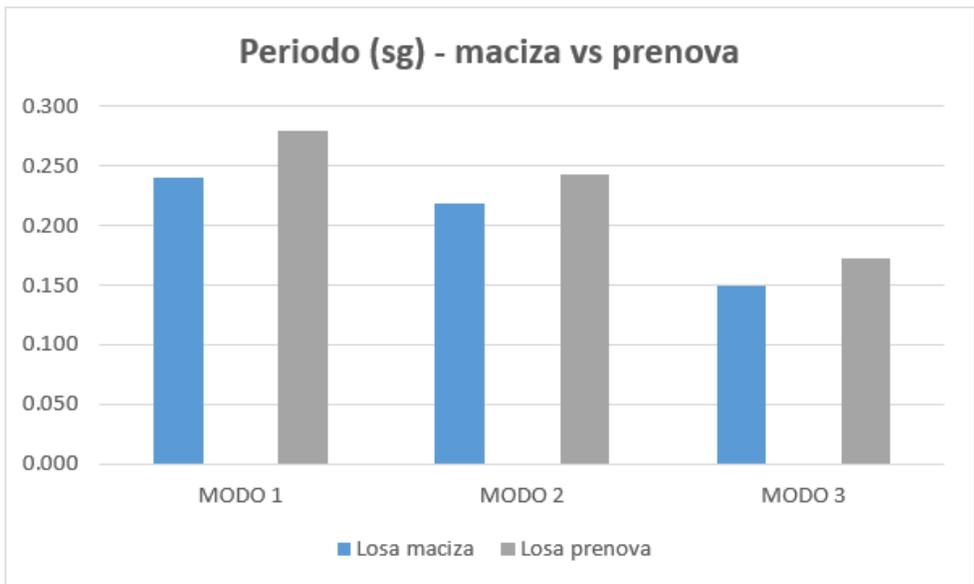


Figura 07. Periodos según modos de vibración. Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

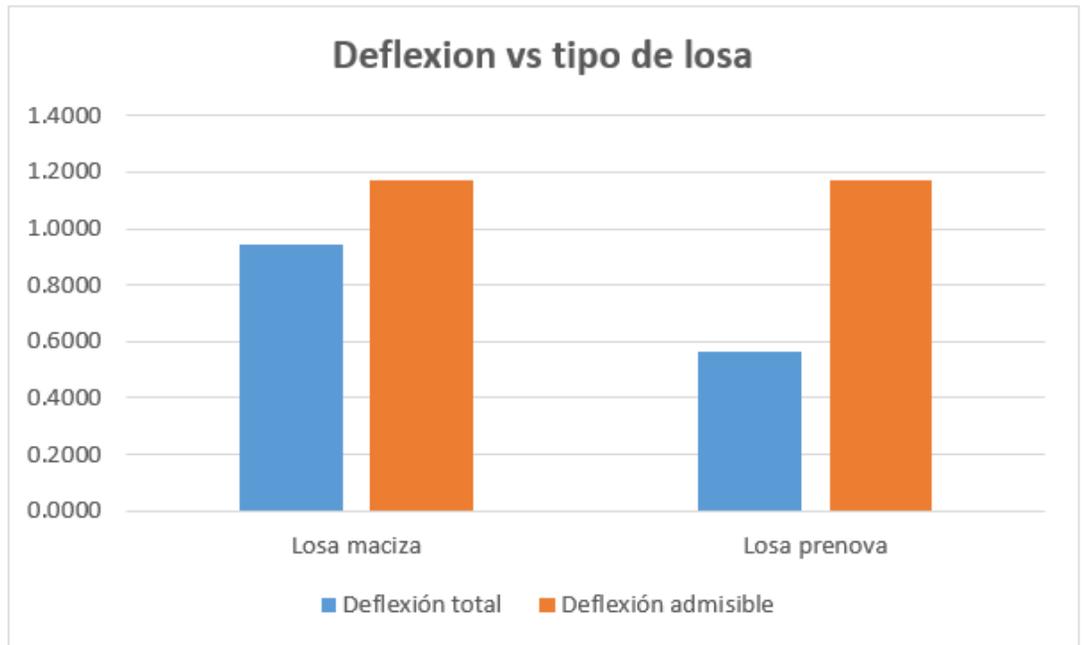


Figura 08. Deflexión máxima de las losas. Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

IV. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Comparando las principales características de una edificación con losa maciza y losa prenova en cuanto al análisis de las características de la edificación se tienen las principales a tener en cuenta según tipo de losa lo cual las diferencia son notorias en cuanto al peso, porque la losa prenova es resultado de agregar esferas de aire para alivianar el peso de la losa maciza, lo cual se coincide con los datos del autor Basantes en lo cual al comprar la losa nervada con losa prenova sostiene que la losa prenova presenta menor peso.

Según Basantes, en su tesis de eficiencia estructural entre una losa nervada y una losa alivianada con pelotas (losa prenova) en sus resultados tuvo que la losa nervada sufre mayor deflexión teniendo la menor deflexión la losa prenova, es por ello que al realizar el análisis se coincide en una parte con él, ya que la losa prenova presenta una menor deflexión en este caso fue frente a la losa maciza en lo cual los valores son 0.56 cm y 0.94 cm respectivamente.

También que Tavares y Garcia, mencionaron que las losas macizas no pueden ser construidas para luces mucho mayores, en este caso también se coincide porque la losa maciza es completamente concreto no hay ningún elemento en el que pueda aligerar el peso de la misma, por lo que a mayor luz la losa maciza aumentara de peso y no se puede construir para luces mayores.

Según la investigación de Basantes, realizó el análisis económico para volumen de concreto según tipo de losa, manifiesta que el costo de volumen de la losa prenova disminuye respecto a losa nervada. En lo cual al realizar el análisis económico según metrado y presupuesto para una losa se tiene que la losa maciza tiene un costo de 279.35 nuevos soles por cada metro cuadrado y

la losa prenova tiene un costo de 272.17 nuevos soles por cada metro cuadrado resultando un ahorro económico de 2.57 % respecto a la losa maciza.

La evaluación sísmica de una edificación con losa prenova sustituida por losa prenova al realizar su análisis de eficiencia se coincide con Basantes, la edificación con losa maciza al sustituirse con losa prenova ambos continúan siendo eficientes para las características presentadas en el plano arquitectónico, pues el edificio con losa maciza aun siendo sustituido por la losa prenova está dentro de los intervalos permitidos por el RNE E-030 Diseño sismoresistente.

Con lo cual al hacer la verificación de la hipótesis “al sustituir una losa maciza por una losa prenova el impacto frente a la eficiencia sísmica mejora” al sustituir una losa maciza por una losa prenova es que la eficiencia sísmica ha mejorado siendo la característica más resaltante las deflexiones máximas 0.94 cm de deflexión para losa maciza y 0.56 cm para losa prenova, que esta última representa el 59.57% de la deflexión máxima de la losa maciza.

V. CONCLUSIONES

- 5.1. Al determinar la eficiencia sísmica para la edificación con losa maciza sustituida por losa prenova se concluye que la edificación con losa prenova es más eficiente, el peso de la losa maciza es mayor y su máxima deflexión es de 0.94 cm y la losa prenova con deflexión máxima de 0.56 cm.
- 5.2. Según las características determinadas la edificación con losa prenova tiene un menor peso siendo este el 85.23% del peso de la edificación con losa maciza.
- 5.3. Al realizar el análisis sísmico, al diseñar las losas se concluye que el máximo desplazamiento de entrepiso para losa maciza es de 0.0038, por otra parte para losa prenova el máximo desplazamiento de entrepiso es 0.0056 m ambos son menor al 0.007 que la norma establece.
- 5.4. Al evaluar económicamente cada elemento estructural, la edificación con losa maciza es más económica, la losa maciza es igual a 279.35 nuevos soles y para la losa prenova el costo es igual a 272.17 nuevos soles, finalmente concluyendo que las edificaciones con losa prenova ofrecen un bajo costo que es igual al 2.57% por metro cuadrado.
- 5.5. Al evaluar la eficiencia sísmica de la sustitución de la losa maciza por losa prenova, se concluye que la edificación con losa prenova tiene una mejor eficiencia sísmica porque el peso es menor y la deflexión máxima es igual a 0.56 cm.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Determinar la eficiencia sísmica teniendo luces mayores a 8m para ambas losas teniendo en cuenta la similitud de los elementos estructurales para ambos casos.
- 6.2. Comparar las características para una edificación con grandes luces para una losa.
- 6.3. Realizar el análisis sísmico para el caso de ambas losas teniendo en cuenta las dimensiones mayores a 8m realizando un análisis dinámico modal espectral.
- 6.4. Teniendo en cuenta las características de diseño en las losas evaluar la economía para cada una de ellas y cuál sería su costo por metro cuadrado al ser una edificación con luces mayores a 8m.
- 6.5. Finalmente, cuanto es la variación de una edificación con luces mayores a 8m al realizar su análisis de eficiencia sísmica teniendo en cuenta ambas losas cuál de ellas es más recomendable al cumplir con los parámetros del RNE E-030 Diseño sismorresistente.

VII. AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Norma y Antonio quienes son los protagonistas desde que soñaba con la carrera y durante mi carrera, a quienes le debo no solo que esta investigación finalizara con éxito; sino mucho más, son mi fuente y espejo de aspirar a ser mejor persona, gracias por darme la oportunidad de disfrutar este momento junto a ustedes.

A mi hermana Edith Dominguez y mis grandes amigos Jorge Mendez, Brucee Villanueva; que me enseñaron el significado de cada cosa y de la amistad con hechos, gracias por estar siempre presente, son un pilar importante e indispensable para mi vida.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaguaña, A. D. & Yumbay, A. E. (2016). *Análisis de la influencia del número de modos de vibración en la respuesta total de estructuras de hormigón armado*. Quito – Ecuador.
- Basantes, J. P. (2016). *Análisis de eficiencia estructural entre una losa nervada y una losa alivianada con pelotas de plástico reciclado*. Ambato – Ecuador.
- Bassotti, R. (sf). *Control de vibraciones torsionales en estructuras sismorresistentes*. Tucumán – Argentina: EDUTECNE.
- Flores, R. C. & Gobeza, S. F. (2017). *Diseño estructural en concreto armado de un edificio de 16 pisos y un sótano aplicando la nueva norma e.030 2016 - diseño sismoresistente*. Arequipa – Perú.
- Loayza, L. J. & Chávez, P. R. (2015). *Diseño de un edificio de concreto armado de 5 niveles*. Lima – Perú.
- Cruz, B. I & Dieguez, M. V. (2015). *Análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de diseño sismoresistente en la urbanización Soliluz*. Trujillo – Perú.
- Cruz, B. I & Dieguez, M. V. (2015). *Análisis y diseño estructural en concreto armado para una vivienda multifamiliar aplicando la nueva norma de diseño sismoresistente en la urbanización Soliluz*. Trujillo – Perú.

Pool, B. S & Jamil, A. C. (2018). *Comparación del modelamiento, análisis y diseño estructural en concreto armado utilizando los software Etabs y Robot Structural Analysis, para un edificio de cinco niveles (cuatro pisos y un semisótano)*. Juliaca – Perú.

Carlos, G. G. (2019). *Metodología para el diseño de entrepisos con losas alivianadas en el alma*. Buenos Aires – Argentina.

Yasmilka, T. L & Rafael, G. E. (2016). *Análisis comparativo de losas estructurales convencionales de hormigón armado (no pre-forzado) para entrepisos*. Santo Domingo – Republica Dominicana.

LIBRO

Reglamento nacional de edificaciones (2016). *E.020 cargas*. Lima – Perú: editorial SENCICO. Edición 2016, Lima, Perú.

Reglamento nacional de edificaciones (2016). *E.030 diseño sismorresistente*. editorial SENCICO. Edición 2106, Lima, Perú.

Reglamento nacional de edificaciones (2016). *E.060 concreto armado*. Editorial SENCICO. Edición 2016, Lima, Perú.

IX. ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 12

Conceptuación y operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	indicadores
Variable independiente (X): sustitución de losa maciza por losa prenova	Es una operación que consiste en reducir el volumen del concreto de la losa maciza a través de la esfera de plástico llena de aire.	Se realizará según las características de los materiales	Esfera de plástico llena de aire Tiempo de construcción Resistencia del concreto	Forma Contenido de aire Mano de obra Habilitado Materiales Amplificación sísmica
Variable dependiente (Y): eficiencia sísmica de una edificación	Es la capacidad que tiene una edificación para una adecuada función durante la actividad sísmica.	Se realizará de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones que rige en Perú	Parámetros de sitio Rigidez	Tipo de suelo Categoría Zona sísmica Factor de uso Desplazamiento lateral

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

Tabla 13

Determinación de peso de la edificación según tipo de losa

Descripción	PESO DE LA EDIFICACION				
	Cantidad	longitud	Area	Volumen	Peso
LOSA MACIZA					
columnas	11.00	3.50	0.16	0.56	14.78
	11.00	9.00	0.16	1.44	38.02
	2.00	3.50	0.0201	0.0704	0.34
	2.00	9.00	0.0201	0.1810	0.87
Vigas	4.00	72.40	0.18	13.03	125.11
Losa maciza	24.00		18.00	2.70	155.52
	8.00		9.00	1.62	31.10
Muro estructural	8.00	12.50	0.45	5.63	108.00
PESO TOTAL DE LA EDIFICACION					473.74
LOSA PRENOVA					
columnas	11.00	3.50	0.16	0.56	14.78
	11.00	9.00	0.16	1.44	38.02
	2.00	3.50	0.02	0.0704	0.34
	2.00	9.00	0.02	0.1810	0.87
Vigas	4.00	72.40	0.18	13.03	125.11
Losa prenova	24.00		18.00	1.98	114.05
	8.00		9.00	1.26	24.19
Muro estructural	8.00	12.50	0.36	4.50	86.40
PESO TOTAL DE LA EDIFICACION					403.75

Fuente: Elaboración propia, basado en el método científico.

Tabla 14

Resultados de diseño de las losas

CORTANTE MAXIMO	RESULTADOS DE DISEÑO DE LAS LOSAS						DEFLEXION TOTAL	DEFLEXION ADMISIBLE
	LADO LARGO		LADO CORTO		ACERO			
	M. POSITIVO	M. NEGATIVO	M. POSITIVO	M. NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO		
LOSA MACIZA								
7.68 Tn/m	2335.99Kg-m/m	3397.80Kg-m/m	503.55Kg-m/m	732.43Kg-m/m	5.12 cm ² /m	6.05 cm ² /m	0.94 cm	1.17 cm
LOSA PRENOVA								
6.61 Tn/m	2012.30Kg-m/m	2926.99Kg-m/m	433.77Kg-m/m	630.95Kg-m/m	5.12 cm ² /m	5.12 cm ² /m	0.56 cm	1.17 cm

Fuente: Elaboración propia, basado en el método científico.

Tabla 15

Análisis de costos unitarios

Partida	01.01	LOSA MACIZA: ENCOFRADO			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000	Costo unitario directo por : m2	35.70

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	11.25	6.00
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	9.38	10
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.5333	7.50	4.00
						20

Materiales

02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg		1.0500	4.10	4.31
02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.10	0.82
02041200010	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.3500	4.10	1.44
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		1.0500	5.79	6.08
						13

Equipos

0301340001	ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.0667	21.19	1.41
						2.01

Partida	01.02	LOSA MACIZA: ACERO Fy=4200 KG/CM2			
Rendimiento	Kg/DIA	MO. 260.0000	EQ. 260.0000	Costo unitario directo por : Kg	6.62

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0308	11.25	0.35
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0615	9.38	0.58
						0.93

Materiales

02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.2500	4.10	1.03
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.41	4.63
						5.66

Equipos

0301010000				0.0000	0.00	0.00
						0.03

Partida	01.03	LOSA MACIZA: CONCRETO Fc=340 KG/CM2			
Rendimiento	m3/DIA	MO. 22.0000	EQ. 22.0000	Costo unitario directo por : m3	308.21

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
--------	---------------------	--------	-----------	----------	------------	-------------

0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	11.25	4.09
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	9.38	6.82
0101010005	PEON	hh	5.0000	1.8182	7.50	13.64
						24.55

Materiales

02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.6000	55.60	48.31
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.9400	20.34	181.84
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0833	5.79	0.48
0290130022	AGUA	m3		0.0950	12.50	1.19
						273.68

Equipos

0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.3636	25.42	9.24
						9.98

Partida	01.04	LOSA MACIZA: DESENCOFRADO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 28.0000	EQ. 28.0000		Costo unitario directo por : m2	8.84	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	0.1429	11.25	1.61
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2857	9.38	2.68
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.5714	7.50	4.29
	Equipos					8.58
0001010000	UTERNA	%		0.0000	0.00	0.00
						0.26

Partida	02.04	LOSA BRENDA: ENCOFRADO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 15.0000	EQ. 15.0000		Costo unitario directo por : m2	35.70	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	11.25	6.00
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	9.38	10.01
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.5333	7.50	4.00
	Materiales					20.01
02041200010004	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg		0.0500	4.10	4.31
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.10	0.82
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg		0.3500	4.10	1.44
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		1.0500	5.79	6.08
	Equipos					13.68
0301340001	ANDAMIO METALICO	día	1.0000	0.0667	21.19	1.41
						2.01

Partida	03.03	LOSA BRENDA: ACERO FY=4200 KG/CM2					
Rendimiento	Kg/DIA	MO. 260.0000	EQ. 260.0000		Costo unitario directo por : Kg	6.62	

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0308	11.25	0.35
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0615	9.38	0.58
	Materiales					0.93
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.2500	4.10	1.03
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.41	4.63
	Equipos					5.66
0001010000	UTERNA	%		0.0000	0.00	0.00
						0.03

Partida **02.03** **LOSA PRENOVA: ESFERAS DE PLASTICO**
 und./DIA MO. 150.0000 EQ. 150.0000 Costo unitario directo por : und. **3.77**
 Rendimiento

Mano de Obra							
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.1067	7.50	0.80
							0.80
Materiales							
0204260002	ESFERAS DE PLASTICO LLENAS DE AIRE COMPRIMIDA		und		1.0000	2.97	2.97
							2.97

Partida **02.04** **LOSA PRENOVA: CONCRETO F'C=240 KG/CM2**
 Rendimiento **m3/DIA** MO. 22.0000 EQ. 22.0000 Costo unitario directo por : m3 **308.21**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	9.38	6.82
0101010005	PEON	hh	5.0000	1.8182	7.50	13.64
						24.55
Materiales						
020702000100002	ARENA GRUESA	m3		0.6000	80.51	48.31
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.9400	20.34	181.84
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0833	5.79	0.48
0290130022	AGUA	m3		0.0950	12.50	1.19
						273.68
Equipos						
0301290003	MEZCLADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.3636	25.42	9.24
						9.98

Partida **02.05** **LOSA PRENOVA: DESENCOFRADO**
 Rendimiento **m2/DIA** MO. 28.0000 EQ. 28.0000 Costo unitario directo por : m2 **8.84**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	I
0101010003	OPERARIO M	hh	0.5000	0.1429	11.25	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2857	9.38	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.5714	7.50	
0301010006	Equipos HERRAMIENT MANUALES	%mo		3.0000	8.58	

Fuente: Elaboración propia, basado en el método científico.

Tabla 16

Presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO				
		UND.	METRADO	ACU S/.	SUBTOTAL S/.	TOTAL S/.
01.00.00	LOSA MACIZA					S/26,722.17
01.01.00	LOSA MACIZA: ENCOFRADO	m2	95.66	S/35.70	S/3,414.88	
01.02.00	LOSA MACIZA: ACERO FY=4200 KG/CM2	Kg	2724.99	S/6.62	S/18,039.43	
01.03.00	LOSA MACIZA: CONCRETO F'C=240 KG/CM2	m3	14.35	S/308.21	S/4,422.27	
01.04.00	LOSA MACIZA: DESENCOFRADO	m2	95.66	S/8.84	S/845.59	
02.00.00	LOSA PRENOVA					S/26,036.15
02.01.00	LOSA PRENOVA: ENCOFRADO	m2	95.66	S/35.70	S/3,414.88	
02.02.00	LOSA PRENOVA: ACERO FY=4200 KG/CM2	Kg	2254.76	S/6.62	S/14,926.48	
02.03.00	LOSA PRENOVA: ESFERAS DE PLASTICO	und.	956.55	S/3.77	S/3,606.19	
02.04.00	LOSA PRENOVA: CONCRETO F'C=240 KG/CM2	m3	10.52	S/308.21	S/3,243.00	
02.05.00	LOSA PRENOVA: DESENCOFRADO	m2	95.66	S/8.84	S/845.59	
					COSTO DIRECTO S/.	S/52,758.32

Fuente: Elaboración propia, basado en el método científico.

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 09. Terreno donde se realiza la investigación



Figura 10. Armadura para losa maciza en dos direcciones. Recuperado de <http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/prenova-sistemas-constructivos-sustentables/>

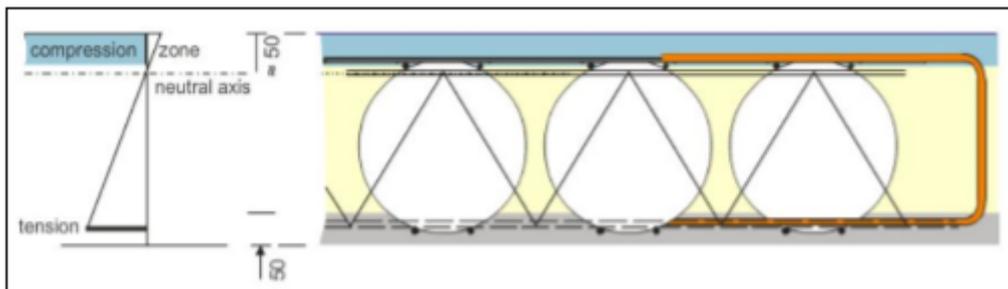


Figura 11. Comportamiento a flexión de las esferas de plástico llenas de aire en losas prenova. Recuperado de <http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/prenova-sistemas-constructivos-sustentables/>



Figura 12. Distribución de las esferas de plástico llenas de aire en losas prenova.

Recuperado de <http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/prenova-sistemas-constructivos-sustentables/>



Figura 13. Armado de losas de entpiso con esferas de plástico. Recuperado de

<http://www.prenovaglobal.com/index.php/es/prenova-sistemas-constructivos-sustentables/>

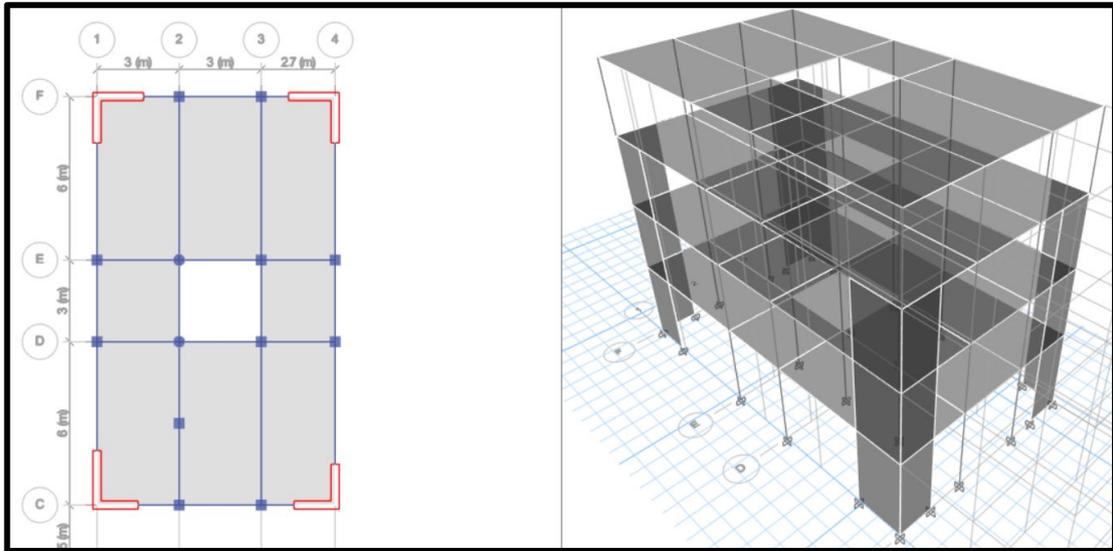


Figura 14. Modelamiento de la edificación con losa maciza.

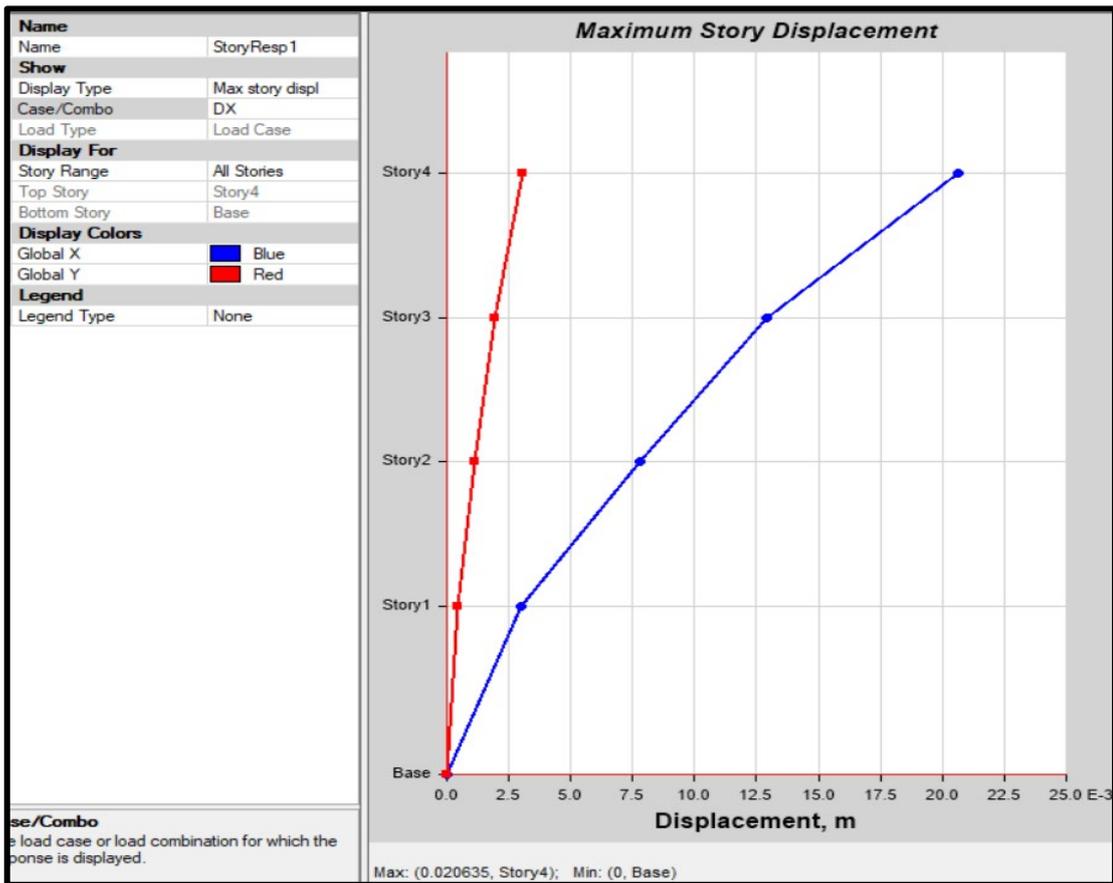


Figura 15. Desplazamiento máximo por piso en respuesta a dinámico en el eje X.

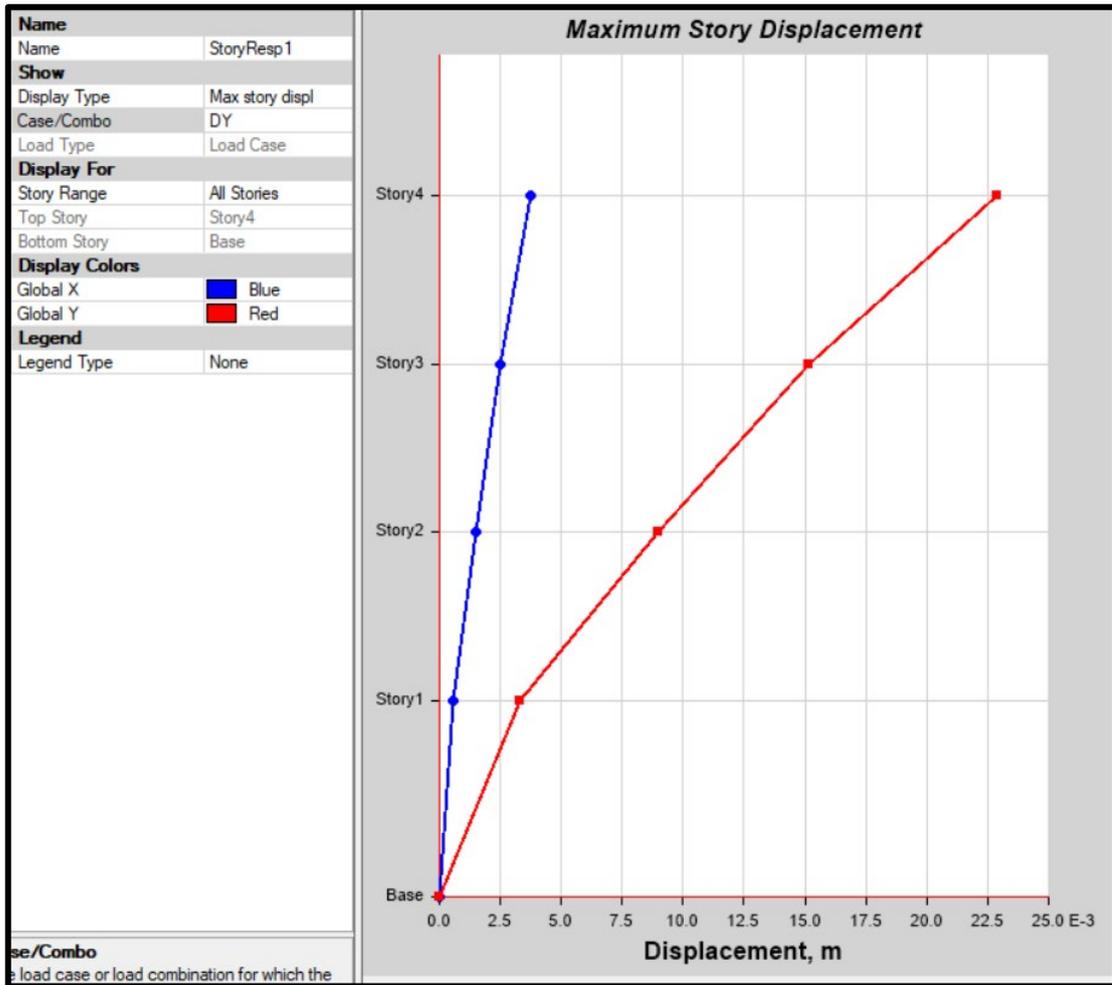


Figura 16. Desplazamiento máximo por piso en respuesta a dinámico en el eje Y.

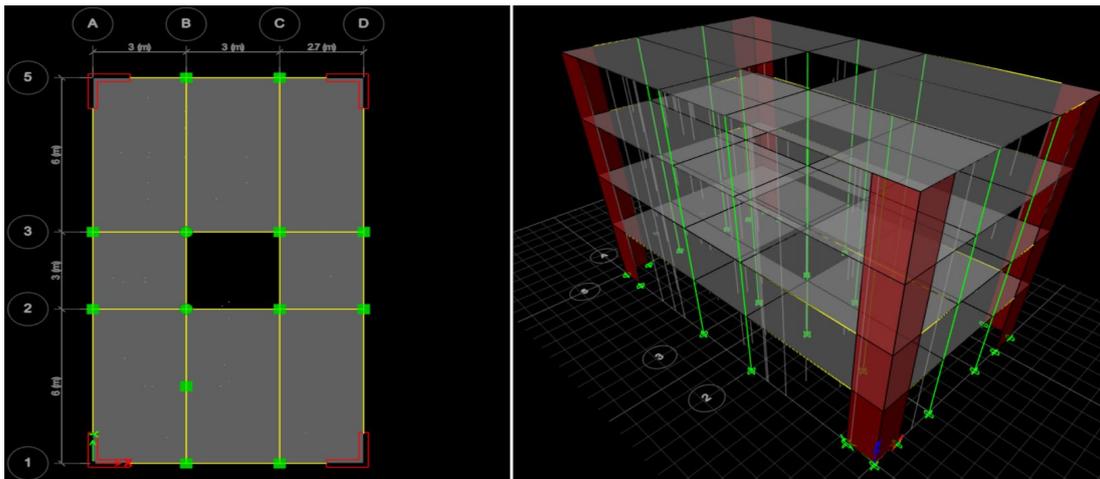


Figura 17. Modelamiento de la edificación sustituida por losa prenova.

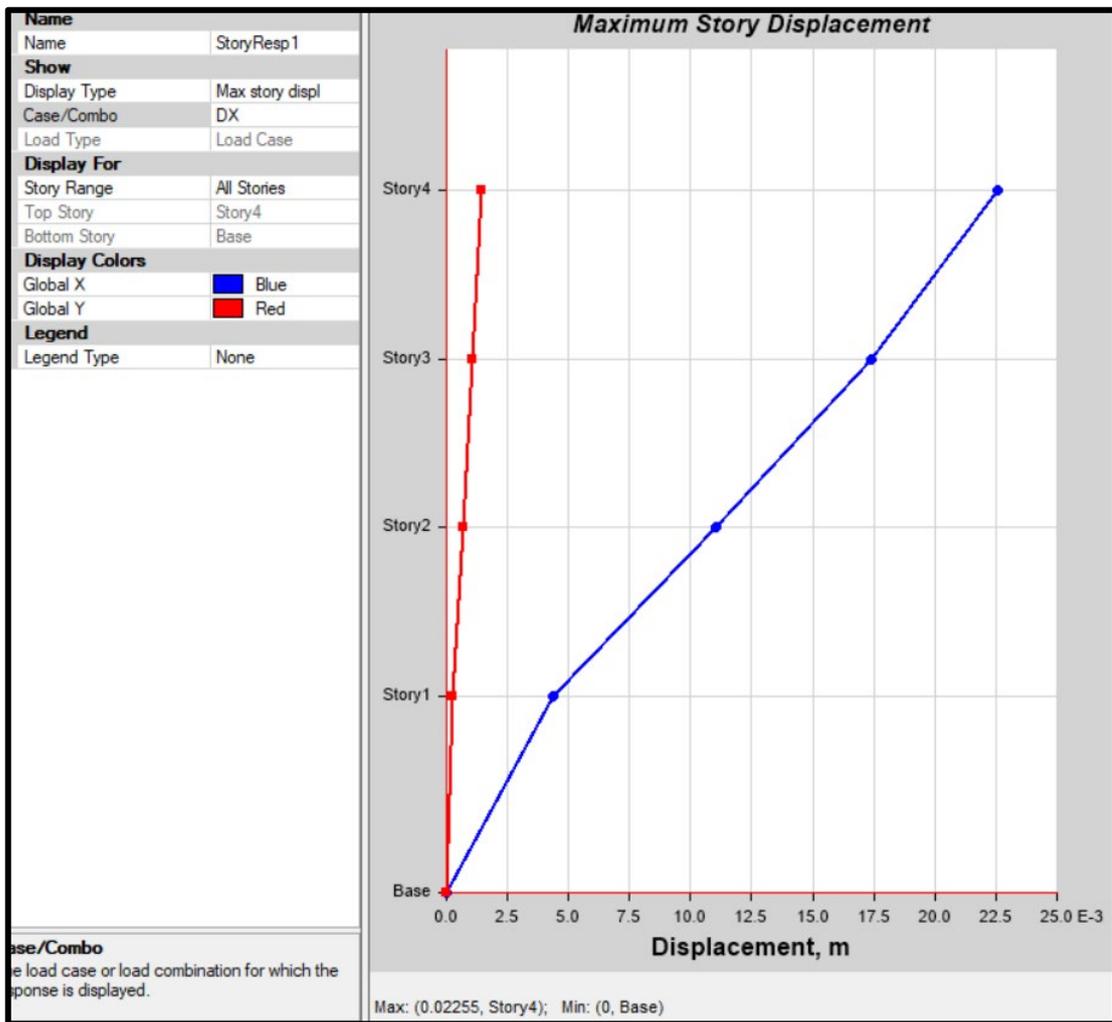


Figura 18. Desplazamiento máximo por piso en respuesta a dinámico en el eje X.

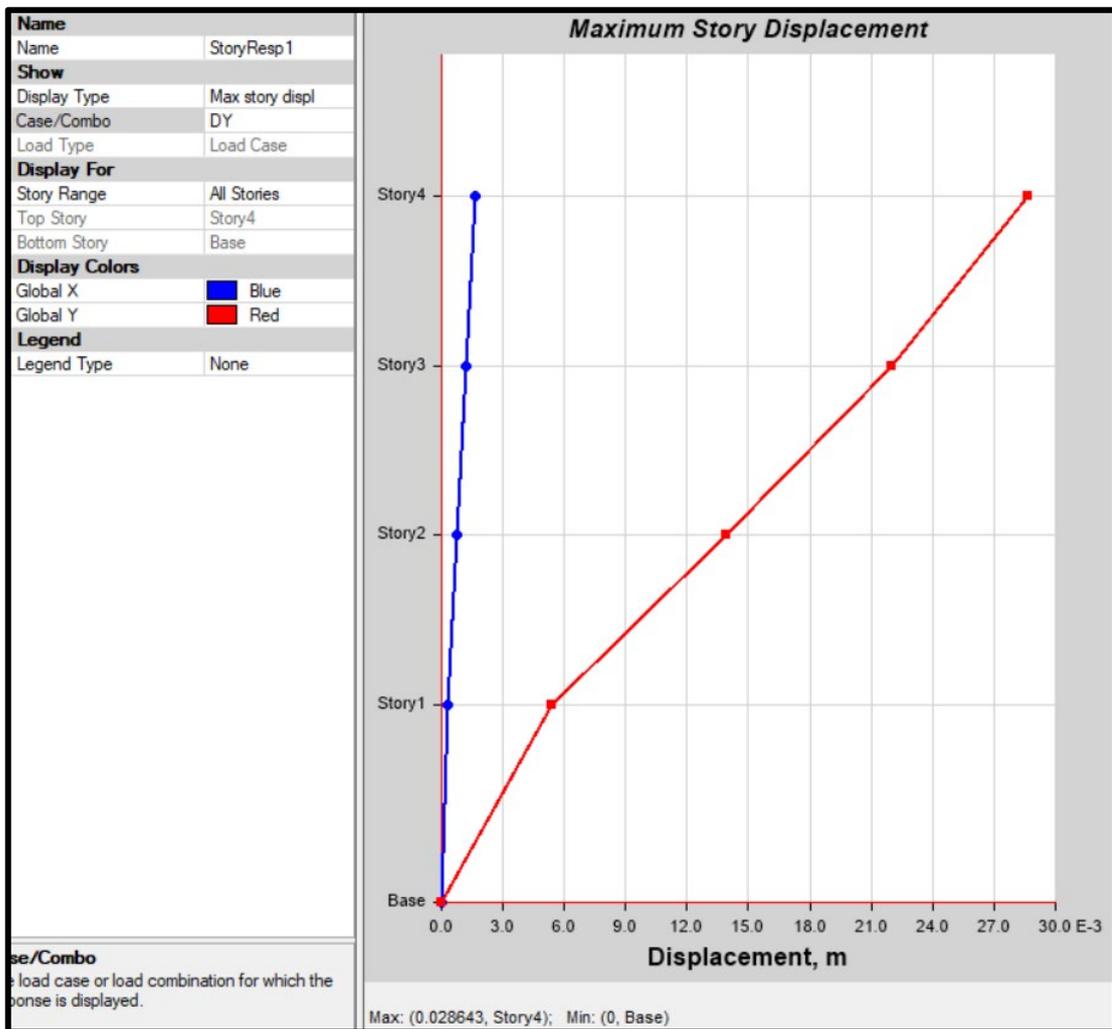


Figura 19. Desplazamiento máximo por piso en respuesta a dinámico en el eje Y.

A continuación, se presenta el antecedente de estudio de mecánica de suelos de un proyecto cuyo lugar es la misma que el lugar de interés para la investigación.

 ERKOMPERU: Laboratorio Geotécnico Ensayos De Laboratorio Y Campo En Mecánica De Suelos, Concreto Y Pavimentos	SOLICITANTE: EMPRESA DE SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	
	LABORATORIO DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y CAMPO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	

INFORME N° 13-2020 /ERKON PERU

SOLICITADO: Empresa de SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L. PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE UNA EMPIGACION DE 6 PISOS Y LOMA DE GRAS METRICO CONTEJO METALEO- NEVA ESPRANZA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA HUARAZ, DEPARTAMENTO ANCASH" UBICACION: CALLE LOS PRECURSORES 495 S.M.P. REALIZ POR: Ing. Erick Oswaldo Zegarra Aranda	CALICATA: C-02 TRAMO: Área de Infraestructura MODULO I MUESTRA: Mub - 02 PROFUNDO: 1.50 m a 1.80 m FECHA REC: 17-01-2020 FECHA EME: 20-01-2020
---	---

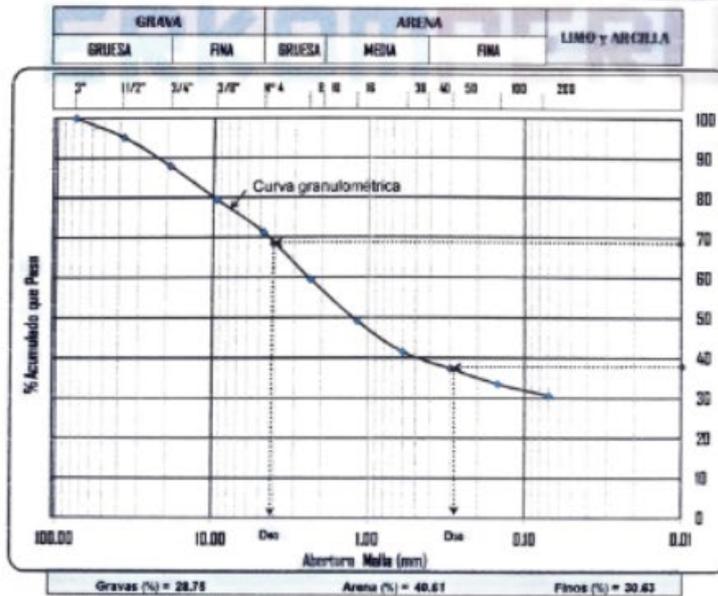
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CLASIFICACIÓN ASTM D-422

PESO INICIAL SECO: 2565.19 g % QUE PASA MALLA N° 200: 30.63
 PESO LAVADO SECO: 1813.02 g % RETENIDO MALLA 3": 0.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que Pasa
3"	76.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	124.00	4.83	4.83	95.17
3/4"	19.00	185.73	7.24	12.07	87.93
3/8"	9.50	215.93	8.41	20.49	79.51
N°4	4.75	212.00	8.26	28.75	71.25
N°8	2.36	302.10	11.78	40.53	59.47
N°15	1.18	265.00	10.36	50.89	49.11
N°30	0.60	194.20	7.65	58.54	41.46
N°50	0.30	105.70	4.12	62.66	37.34
N°100	0.15	96.80	3.77	66.43	33.57
N°200	0.07	75.20	2.93	69.37	30.63
>N°200	0.00	8.70	0.34	69.70	30.30
TOTAL		1768.00	69.70		

RESUMEN DE DATOS	
% QUE PASA 3"	100.00
% QUE PASA N°4	71.25
% QUE PASA N°200	30.63
LL	25.72%
LP	20.32%
IP	5.40%
D10	—
D30	0.42
D60	5.00
Cu	—
Cc	—
W(%)	11.32%
GRAVA (%)	28.75
ARENA (%)	40.61
FINOS (%)	30.63




 LABORATORIO DE MUESTRA
 DE SUELOS, CONCRETO
 Y PAVIMENTOS


**ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 112639

OBSERVACIONES: La Muestra fue proporcionado por el solicitante

ERKOM PERU SAC Dirección: Urb. Los Libertadores, Calle los Precursores 495 S.M.P (Lima),
 Sucursal A.H. San Martín de Porres Mz 10 Lote 3B Ancash - Huaraz - Independencia
 Telf. RPM 969430758 Nextel: 98118*7757 - 99124*7801
 email: ezegarra@erkomperu.com - erick.zegarra.erkom@hotmail.com, R.U.C. N° 20523707010

Figura 20. Análisis granulométrico por tamizado.

 ERKOMPERU Laboratorio Geotécnico Ensayos De Laboratorio Y Campo En Mecánica De Suelos, Concreto Y Pavimentos	SOLICITANTE: EMPRESA DE SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	

INFORME N° 13-2020 /ERKON PERU

SOLICITADO : Empresa de SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L. PROYECTO : "CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACION DE 4 PISOS Y LOSA DE GRASS SINTETICO CON TECHO METALICO - NUEVA ESPERANZA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA HUARAZ, DEPARTAMENTO ANCASH" UBICACION : LA AV. LOS PRECURSORES 495 REALIZ. POR : Ing. Erick Oswaldo Zegarra Aranda	CALICATA : C-02 TRAMO : Area de Infraestructura MODU MUESTRA : Mab - 02 PROFUNDO : 1.50 m a 1.80 m FECHA REC : 17-01-2020 FECHA EMS : 20-01-2020
--	---

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD

POZO	C-02	
MUESTRA	MAB - 02	
PROFUNDIDAD	1.50 - 1.80 m	
FRASCO N°	1	2
(1) Pfr + P.S.H. (g)	151.25	165.24
(2) Pfr + P.S.S. (g)	140.11	150.26
(3) Pagua (g) (1) - (2)	11.14	14.98
(4) Pfr (g)	29.78	30.81
(5) P.S.S. (g) (2) - (4)	110.33	119.45
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	10.10%	12.54%
CONTENIDO DE HUMEDAD (W %)	11.32%	

NOTA:

Pfr = Peso del frasco
 P.S.H. = Peso del Suelo Húmedo
 P.S.S. = Peso del Suelo Seco
 Pagua = Peso del Agua

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs=Ss)

POZO	C-02		
MUESTRA	MAB - 02		
PROFUNDIDAD	1.50 - 1.80 m		
MUESTRA	M-01	M-02	M-03
(1) Peso Suelo Seco (gr)	114.50	114.26	113.08
(2) Peso del Frasco Volumétrico (gr)	50.20	53.89	54.13
(3) Peso del Frasco Volumétrico + P. de Agua (gr)	680.78	683.50	684.50
(4) Peso del Agua (gr) (3) - (2)	630.58	629.61	630.37
(5) Peso del Frasco + Peso Suelo + P. de Agua (gr)	752.00	753.52	753.82
(6) Peso Especifico Relativo de Sólidos (1) / ((3) + (1) - (5))	2.65	2.58	2.58
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO	2.60		

OBSERVACIONES : La Muestra fue proporcionado por el solicitante


 LABORATORIO DE MECÁNICA
 DE SUELOS, CONCRETO
 Y PAVIMENTOS


**ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 112639

ERKOM PERU SAC Dirección: Urb. Los Libertadores, Calle los Precursores 495 S.M.P (Lima),
 Sucursal A.H. San Martín de Porres Mz 10 Lote 3B Ancash - Huaraz - Independencia
 Telf. RPM 969430758 Nextel: 98118*7757 - 99124*7801
 email: ezegarra@erkomperu.com - erick.zegarra.erkom@hotmail.com, R.U.C. N° 20523707010

Figura 21. Contenido de humedad.

	SOLICITANTE:	
	EMPRESA DE SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	
Laboratorio Geotécnico Ensayos De Laboratorio Y Campo En Mecánica De Suelos, Concreto Y Pavimentos		

INFORME N° 13-2020 /ERKON PERU

SOLICITADO	Empresa de SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	CALICATA	: C-02
PROYECTO	"CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACION DE 4 PISOS Y LOSA DE GRASA SINTETICO CONTENIO METALICO - NUEVA ESPERANZA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA HUARAZ, DEPARTAMENTO ANCASH"	TRAMO	: Área de Infraestructura MODULO I
UBICACION	EX-AD: 650591-8570000-5500	MUESTRA	: Mtb : 02
REALIZ. POR	Ing. Erick Oswaldo Zagarra Aranda	PROFUNDO	: 1.50 m a 1.80 m
		FECHA REC.	: 17-01-2020
		FECHA EMIT.	: 20-01-2020

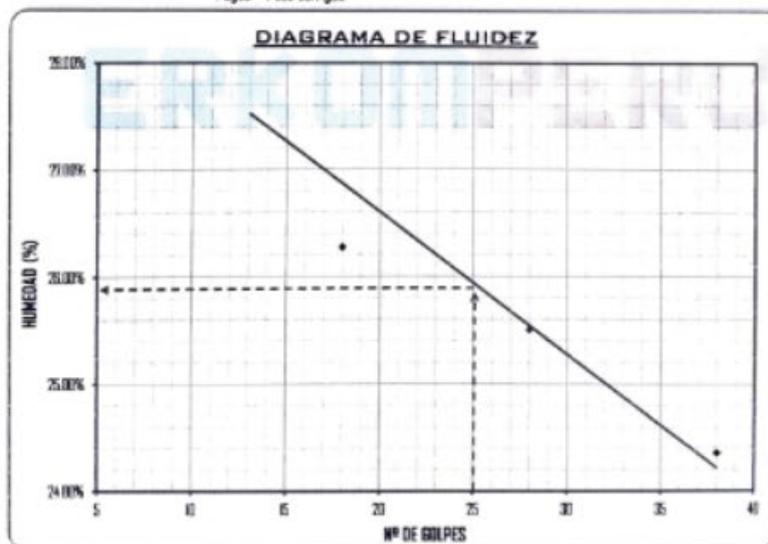
LÍMITE DE CONSISTENCIA

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO ASTM D-425 - D-424

Ensayo	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
	Datos				MUESTRA		
Frasco N°	1	2	3	4	M-1	M-2	M-3
N° de Golpes	13	18	28	38			
(1) Pf + P.S.H. (g)	44.85	44.90	45.02	43.20	11.82	11.77	11.80
(2) Pf + P.S.S. (g)	41.25	41.49	41.82	40.28	11.23	11.37	11.41
(3) Pagua (g) (1) - (2)	3.60	3.41	3.40	2.94	0.39	0.40	0.39
(4) Pf (g)	28.40	28.51	28.29	28.19	9.36	9.40	9.44
(5) P.S.S. (g) (2) - (4)	12.85	12.98	13.33	12.07	1.87	1.97	1.97
(6) C. Humedad (%) (3) / (5)	28.02%	25.27%	25.51%	24.36%	20.86%	20.30%	19.80%

NOTA:

- Pf = Peso del frasco
- P.S.H. = Peso del Suelo Húmedo
- P.S.S. = Peso del Suelo Seco
- Pagua = Peso del Agua




 LABORATORIO DE MECÁNICA
 DE SUELOS, CONCRETO
 Y PAVIMENTOS


ERICK OSWALDO
ZAGARRA ARANDA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 112639

OBSERVACIONES: La Muestra fue proporcionado por el solicitante

ERKOM PERU SAC Dirección: Urb. Los Libertadores, Calle los Precursores 495 S.M.P (Lima),
 Sucursal A.H. San Martín de Porres Mz 10 Lote 3B Ancash - Huaraz - Independencia
 Telf. RPM 969430758 Nextel: 98110*7757 - 99124*7801
 email: ezagarra@erkomperu.com - erick.zagarra.erkom@hotmail.com, R.U.C. N° 20523707010

Figura 22. Límite de consistencia.

	SOLICITANTE:	
	EMPRESA DE SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	
Laboratorio Geotécnico Ensayos De Laboratorio Y Campo En Mecánica De Suelos, Concreto Y Pavimentos		

INFORME N° 13-2020 /ERKON PERU

SOLICITADO : Empresa de SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	CALICATA : C-02
PROYECTO : CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACION DE 6 PISOS Y LOSA DE GRASA SINTETICO-CONCRETO METALICO - NUEVA ESPERANZA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA HUARAZ, DEPARTAMENTO ANCASH	TRAMO : Area de Infraestructura MODU
UBICACION : NUEVA ESPERANZA - HUARAZ	MUESTRA : Mab - 02
REALIZ. POR : Ing. Erick Oswaldo Zagarra Aranda	PROFUNDO : 1.50 m a 1.80 m
	FECHA REC : 17-01-2020
	FECHA EMS : 20-01-2020

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
ENSAYO ESTÁNDAR DE LABORATORIO**

POZO N°	C-02	
MUESTRA	Mab-02	
PROFUNDIDAD (M)	Mab-01 (1.50 - 1.80 m)	
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA POR MALLA DE PORCIÓN DE MATERIAL MENOR DE 3"	3"	100.00
	1 1/2"	95.17
	3/4"	87.93
	3/8"	79.51
	N°4	71.25
	N°8	59.47
	N°16	49.11
	N°30	41.46
LÍMITES DE CONSISTENCIA	N°50	37.34
	N°100	33.57
	N°200	30.63
	HUMEDAD NATURAL	
CLASIFICACIÓN SUCS		GC - SM
COEF. UNIFORMIDAD	Cu	---
COEF. DEBILIDAD	Cc	---

OBSERVACIONES : La Muestra fue proporcionado por el solicitante




ERICK OSWALDO ZAGARRA ARANDA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. OIP N° 112639

ERKOM PERU SAC Dirección: Urb. Los Libertadores, Calle los Precursores 495 S.M.P (Lima),
 Sucursal A.H. San Martín de Porres Mz 10 Lote 3B Ancash - Huaraz - Independencia
 Telf. RPM 969430750 Nextel: 98116*7757 - 99124*7801
 email: ezagarra@erkomperu.com - erick.zagarra.erkom@hotmail.com, R.U.C. N° 20523707010

Figura 23. Clasificación de suelos.

 ERKOMPERU: Laboratorio Geotécnico Ensayos De Laboratorio Y Campo En Mecánica De Suelos, Concreto Y Pavimentos	SOLICITANTE: EMPRESA DE SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L.	

INFORME N° 13-2020 /ERKON PERU

SOLICITADO : Empresa de SERVICIOS MÚLTIPLES JC E.I.R.L. PROYECTO : "CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACION DE 4 PISOS Y LOSA DE GRASA SINTETICO CONTECTOR METALICO - NUEVA ESPERANZA, DISTRITO DE INDEPENDENCIA, PROVINCIA HUARAZ, DEPARTAMENTO ANCASH" UBICACION : DEPARTAMENTO - ANCASH - PERU REALIZ. POR : Ing. Erick Oswaldo Zagarra Aranda	CALICATA : C-02 TRABO : Área de Infraestructura MUESTRA : Mab - 02 PROFUNDO : 1.50 m a 1.80 m FECHA REC : 17-01-2020 FECHA EMI : 20-01-2020
--	--

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO

(TEORÍA DE TERZAGHI)

I. DATOS:

- $\phi = 25^\circ$ Angulo de fricción interna
- $D_f = 1.50$ m profundidad de cimentación
- $B = 1.40$ m Ancho de cimentación
- $C = 0.38$ Tn/m² Cohesión
- $\gamma = 1.50$ Tn/m³ Peso específico

II. Teoría de Terzaghi:

$$q_u = C.N_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

Donde:

q_u : Carga última

N_c, N_q, N_γ : Factores de capacidad de carga

2.1. Cálculo de los factores de carga:

$$N_q = \frac{e^{(0.75\pi - \phi) \tan \phi}}{2 \cos^2(45 + \frac{\phi}{2})} \gamma \rightarrow N_q = 11.40$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi \rightarrow N_c = 24.10$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{\gamma r}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \rightarrow N_\gamma = 8.70$$


 $q_u = 43.94$ Tn/m²

2.2. Cálculo de la capacidad de carga admisible:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F.S} \quad [2 \leq F.S \leq 3]$$

Donde:

F.S. = 3.00 Factor de seguridad


 $q_{adm} = 1.46$ Kg/cm²

Nota: El valor admisible asumido, debe ser tomado solo como referencia, ya que este debe ser calculado en base a los datos de ensayo de campo y ensayos estándar y especiales de laboratorio (verificar en obra). Así mismo debe calcularse los asentamientos que se producirán y verificarse el factor de seguridad por corte.




ERICK OSWALDO ZAGARRA ARANDA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. OIP N° 112639

ERKOM PERU SAC Dirección: Urb. Los Libertadores, Calle los Precursores 495 S.M.P (Lima),
 Sucursal A.H. San Martín de Porres Mz 10 Lote 3B Áncash - Huaraz - Independencia
 Telf. RPM 969430758 Nextel: 98118*7757 - 99124*7801
 email: ezagarra@erkomperu.com - erick.zagarra.erkom@hotmail.com R.U.C. N° 20623707010

Figura 24. Capacidad de carga de suelo.

Anexos 2

Apéndice

ANALISIS DE NORMAS

E-020 CARGAS

Las edificaciones conjuntamente sus elementos deberán ser capaces de soportar las cargas que se les impone, actuando con las combinaciones no deberá exceder las deformaciones y esfuerzos establecidos para cada material.

CARGA MUERTA: llamado así al propio peso de cada material o elemento, tabiquería, acabados, etc. Carga vertical que está siempre presente en la edificación o pueden variar en el tiempo en una pequeña magnitud. Y se calcularan en base a los pesos unitarios.

El peso real se podrá determinar por medio del análisis.

CARGA VIVA: es todo el peso de los materiales, equipos, personas y elementos que están en movimiento.

C. M. REPARTIDA: en la tabla 1 se presenta las cargas minimas para los diferentes tipos o uso que tendrá la edificación.

TABLA 1
CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (Kgf/m²)
Almacenaje	5,0 (500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de Almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Centros de Educación	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6,4
Auditorios, Gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Garajes	
Para parqueo exclusivo de vehículos de	2,5 (250)
Tiendas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Viviendas	2,0 (200)
Corredores y escaleras	2,0 (200)

Dichas cargas no incluyen la tabiquería móvil.

TABIQUERIA MÓVIL: toda tabiquería móvil será incluida como carga viva de forma equivalente uniformemente repartida por cada m² con un mínimo de 50 kg/m² para divisiones de altura media y 100kg/m² para divisiones de altura completa.

Dichas cargas vivas en el proyecto de investigación se están incorporando de acuerdo al plano arquitectónico.

CONFORMIDAD: para verificar si la magnitud de la carga viva real es conforme con la carga viva mínima, se realizará una aproximación de la carga viva repartida real promediando la carga total aplicado sobre una región

rectangular representativa de 15m², con la condición de que ningún lado deba ser menor que 3m.

MÉTODO DE CÁLCULO: todo cálculo de las deformaciones se realizará acorde a los métodos de análisis estructural ya aceptados por la ingeniería.

FLECHAS: no deberá exceder los valores establecidos en la tabla N° 6.

TIPO DE ELEMENTO	FLECHA POR CV	FLECHA CV + FLECHAS DIFEREDAS
PISOS	L/360	L/240 *
TECHOS	L/180	-

L: Luz del elemento, para volados será 2L.

Flecha diferida: está en función de cada material; f_d =carga permanente + fracción de sobrecarga que actúa permanentemente.

* no aplicable a estructura metálicas.

E-030 DISEÑO SISMORESISTENTE (actualizada 22/10/2018)

En esta norma se establece las condiciones mínimas para que todas las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en la presente norma.

Que finalmente lo que se busca es evitar las pérdidas de vida, asegurar la continuidad de los servicios básicos, así como minimizar los daños a la propiedad.

Claro que es algo complicado evitarlo al 100% por lo que la presente norma establece principios que son:

- La edificación no deberá colapsar, ni causar daños graves a las personas debido a movimientos sísmicos severos que puedan ocurrir en el lugar.
- La edificación deberá soportar movimientos sísmicos moderados, que puedan ocurrir durante su vida de servicio, pudiendo experimentar daños que estén dentro de los límites aceptables.

Parámetros de sitio

La determinación de la ubicación será según la zonificación sísmica (Z) estructuradas en 4 zonas tal cual es zona 1, zona 2, zona 3 y zona 4.

El factor Z se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años. Al departamento de Ancash se considera en zona 3 (todas las provincias) siendo su factor igual a 0,35.

Realizando el estudio de sitio se podrá determinar los parámetros del suelo, (RNE E.030, 2016: 383).

ZONAS SISMICAS EN EL PERÚ



Tabla factores de zona según el grado de importancia sísmica.

FACTORES DE ZONA E.030 2018

ZONA	Z
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

Huaraz es considerada dentro de la zona 3 por lo que el factor Z en esta investigación será de 0.35.

Estudios de sitio

Este estudio está limitado al lugar del proyecto con el fin único de determinar los parámetros de diseño.

Condiciones geotécnicas

Perfiles de suelo: el estudio de la mecánica de suelos es fundamental, con él se llega a conocer las características que tendrá el suelo a ser evaluado para el

proyecto sísmico, el suelo se clasifica en esta norma según la velocidad de propagación de las ondas de corte.

Tipos de perfil: la norma establece 5 tipos de perfiles, para el proyecto según estudios se tienen el tipo de perfil S1 (grava arenosa densa, limo) con velocidad de propagación de 800 m/s, este tipo de perfil S1 es llamado: **roca o suelos muy rígidos**.

Parámetros de sitio

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

De la tabla 3 en función a la zona del proyecto y el tipo de suelo se tiene el factor **S = 1,00**. Y de la tabla 4 se tienen los periodos según el perfil del suelo: T_P=0.4s, T_L=2.5s.

Factor de amplificación sísmica (C)

El factor de amplificación sísmica se define de acuerdo a los parámetros de sitio.

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

El coeficiente C se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración del suelo. Y T es el periodo.

Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)

Cada estructura está clasificada según su uso o importancia que tendrá el proyecto de vivienda.

En este proyecto es para uso común, es decir, se trata de una edificación unifamiliar de 4 niveles. Por tanto, su categoría es: **edificaciones comunes**, y su factor de uso: **U=1**.

Sistemas estructurales

Estructuras de concreto armado

Pórticos: llamado también sistema porticado, este tipo de edificaciones se entiende que por lo menos el 80% de la cortante en la base actúa sobre los elementos verticales (columnas).

Sistema dual: conjunto de pórticos y muros estructurales que resistirán las acciones sísmicas. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio.

Estructuras de albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismoresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto.

Categoría y sistemas estructurales

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, esta se proyecta empleando el sistema estructural que se indica en la tabla 6, y respetando las restricciones a la irregularidad de la tabla 10.

Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmica (Ro)

Se clasifican según el material y el tipo de estructuración.

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_d (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

(*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

Regularidad estructural

Las estructuras regulares o irregulares se clasifican para los siguientes fines:

- Cumplir las restricciones de la tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente R de reducción de las fuerzas sísmicas.

Estructuras regulares: no presentan las irregularidades indicadas en las tablas 8 y 9, por lo que I_a e $I_p = 1$.

Estructuras irregulares: son las que presentan una o más irregularidades indicadas en las tablas 8 y 9.

Factores de irregularidad (I_a , I_p)

El factor I_a se determina como el menor de los valores de la tabla 8 correspondientes a las irregularidades estructurales existentes en altura en las 2 direcciones de análisis.

El factor I_p se determina como el menor de los valores de la tabla 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las 2 direcciones de análisis.

Si al aplicar las tablas 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las 2 direcciones de análisis, se toma para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las 2 direcciones.

<p align="center">Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</p>	<p align="center">Factor de Irregularidad <i>I_a</i></p>
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe Irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	<p align="center">0,75</p>
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	<p align="center">0,60</p>
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p align="center">0,90</p>
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p align="center">0,90</p>
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	<p align="center">0,80</p>
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	<p align="center">0,60</p>

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_r
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Restricciones a la irregularidad

Para la categoría **c** (edificaciones comunes) y teniendo en cuenta la zona 3 (ubicación del proyecto) **no se permitirán irregularidades extremas.**

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R)

Analizando las tablas 7, 8 y 9 finalmente se tiene R con la siguiente fórmula:

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

Estimación del peso (P)

Se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva que se determina de la siguiente manera:

Categorías A y B 50% de la carga viva.

Categoría C el 25% de la carga viva.

En azoteas y techos en general se toma el 25%.

Periodo fundamental de vibración (T)

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$ para edificaciones únicamente porticados.

$C_T = 45$ para edificaciones con pórticos y muros.

$C_T = 60$ para edificaciones de albañilería.

Fuerzas sísmicas verticales

Se considera como una fracción del peso igual a $2ZUS/3$.

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

Modos de vibración

Se considerarán en cada dirección aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, se toma en cuenta los 3 primeros modos de vibración predominantes en la dirección de análisis (traslación en X, traslación en Y, rotación).

Aceleración espectral (s_a)

Para un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en cada dirección horizontal se usará la siguiente expresión:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales.

Criterios de combinación

Estos criterios nos sirven para obtener la respuesta máxima elástica esperada (r) tanto para las fuerzas internas en los elementos de la estructura, como para los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso.

Esta respuesta máxima esperada corresponde al efecto conjunto de los diferentes modos de vibración empleados, puede determinarse usando la combinación cuadrática completa (CQC) de los valores calculados para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

Para todo r que represente las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas, los coeficientes de correlación están dados por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2(1+\lambda)\lambda^{3/2}}{(1-\lambda^2)^2 + 4\beta^2\lambda(1+\lambda)^2}; \quad \lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

β , fracción de amortiguamiento crítico al 5%

ω_j, ω_i frecuencias angulares de los modos i, j

Finalmente, la respuesta máxima puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$r = 0,25 \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

Fuerza cortante mínima

La fuerza cortante en el primer entrepiso de cada una de las direcciones analizadas no puede ser menor que el 80% del valor calculado en estructuras regulares ni menor que el 90% para estructuras irregulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se escalan proporcionalmente todos los resultados excepto los desplazamientos.

Excentricidad accidental (efectos de torsión)

La incertidumbre en los centros de masa de cada nivel, se considera mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso se considera el signo más desfavorable.

Desplazamientos laterales

Para toda estructura regular los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0.75R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas.

Para estructuras irregulares los desplazamientos se multiplican por 0,85R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se consideran los valores de CIR ni el cortante mínimo en la base.

Desplazamientos laterales relativos admisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso se encuentra establecido en esta norma según tipo de material de la infraestructura. Para el caso del presente proyecto es de concreto armado por lo que no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión).

$$\frac{\Delta_i}{h_{et}} \leq 0.007$$

Separación entre edificios (s)

Toda estructura deberá estar separada de las estructuras vecinas, esta distancia no será menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que $s = 0,006h \geq 0,03$ m.

Donde:

h: altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel a evaluar "s".

E-060 CONCRETO ARMADO

Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, pre-esforzado y simple.

Detalles de refuerzo

Un dobléz de 180° más una extensión de 4 db, pero no menor de 65 mm hasta el extremo libre de la barra.

Un dobléz de 90° más una extensión de 12 db hasta el extremo libre de la barra.

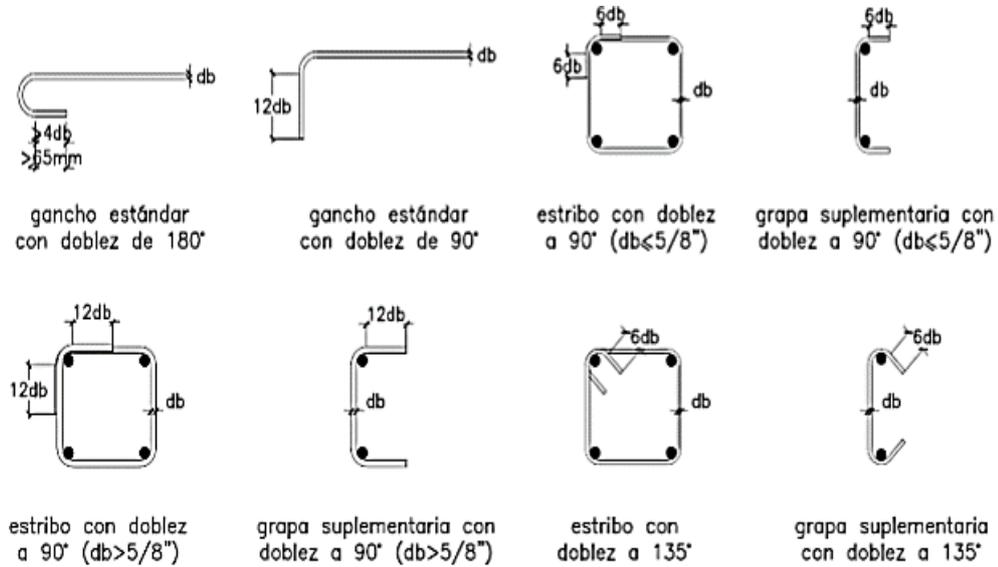


TABLA 7.1
DIÁMETROS INTERIORES MÍNIMOS DE DOBLADO

Diámetro de las barras	Diámetro mínimo de doblado
1/4" a 1"	6 db
1 1/8" a 1 3/8"	8 db
1 11/16" a 2 1/4"	10 db

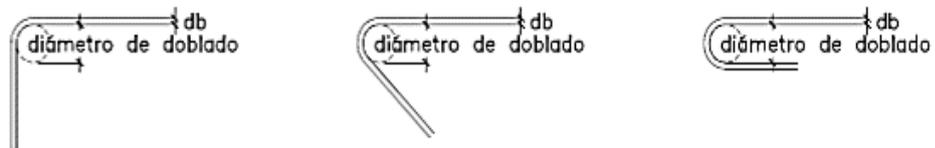


Fig. 7.2 Diámetros interiores mínimos de doblado de barras.

Límites del espaciamiento del refuerzo

La distancia libre mínima entre barras paralelas de una capa debe ser db, pero no menor de 25 mm.

Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas, las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las de las capas inferiores, con una distancia libre entre capas no menor de 25 mm.

En elementos a compresión reforzados transversalmente con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor de 1,5 db ni de 40 mm.

La limitación de distancia libre entre barras también se debe aplicar a la distancia libre entre un empalme por traslape y los otros empalmes o barras adyacentes.

Recubrimiento del concreto para el refuerzo

Debe proporcionarse el siguiente recubrimiento mínimo de concreto al refuerzo, excepto cuando se requieran recubrimientos mayores según 7.7.5.1 ó se requiera protección especial contra el fuego:

Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él 70 mm

Concreto en contacto permanente con el suelo o la intemperie:

Barras de 3/4" y mayores 50 mm

Barras de 5/8" y menores, mallas electrosoldadas 40 mm

Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:

Losas, muros, viguetas:

Barras de 1 11/16" y 2 1/4" 40 mm

Barras de 1 3/8" y menores 20 mm

Vigas y columnas:

Armadura principal, estribos y espirales 40 mm

Cáscaras y losas plegadas:

Barras de 3/4" y mayores 20 mm

Barras de 5/8" y menores 15 mm

Mallas electrosoldadas 15 mm

Estribos

Los estribos para elementos sometidos a compresión deben cumplir con lo siguiente:

Todas las barras no pre-esforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales de por lo menos 8 mm para barras de hasta 5/8", de 3/8" para barras longitudinales de más de 5/8" hasta 1" y de 1/2" para barras longitudinales de mayor diámetro y para los paquetes de barras. Se permite el uso de alambre corrugado o refuerzo electro-soldado de alambre con un área equivalente.

El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder 16 veces el diámetro de las barras longitudinales, 48 veces el diámetro de la barra o alambre de los estribos ni la menor dimensión transversal del elemento sometido a compresión.

Los estribos deben disponerse de tal forma que cada barra longitudinal de esquina y cada barra alterna tenga apoyo lateral proporcionado por la esquina de un estribo con un ángulo interior no mayor de 135° y ninguna barra longitudinal esté separada a más de 150 mm libres de una barra apoyadas libremente.

REQUISITOS DE RESISTENCIA Y DE SERVICIO

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

$$\phi R_n \geq R_u$$

Las estructuras y los elementos estructurales deberán cumplir además con todos los demás requisitos de esta Norma, para garantizar un comportamiento adecuado bajo cargas de servicio.

Resistencia requerida (U)

Para cargas vivas y muertas:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

Incluyendo carga de viento:

$$U = 1.25(CM + CV + CV_i)$$

$$U = 0.9CM \pm 1.25CV_i$$

Carga muerta, viva y sismo:

$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.90CM \pm CS$$

Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de impacto, estas se deberán incluir en la carga viva.

Si fuera necesario incluir en el diseño el efecto de las cargas de nieve o granizo, estas deberán considerarse como cargas vivas.

Si fuera necesario incluir los efectos (CT) de los asentamientos diferenciales, flujo plástico del concreto, refracción restringida del concreto, expansión de concretos con retracción compensada o cambios de temperatura, la resistencia requerida, deberá ser como mínimo:

$$U = 1.05CM + 1.25CV + 1.05CT$$

$$U = 1.4CM + 1.4 CT$$

Resistencia de diseño

Flexión sin carga axial..... 0,90

Carga axial y carga axial con flexión:

Carga axial de tracción con o sin flexión..... 0,90

Para elementos en flexo-compresión ϕ puede incrementarse linealmente hasta 0,90 en la medida que ϕ_{Pn} disminuye desde 0,1 $f'c A_g$ ó ϕ_{Pb} , el que sea menor, hasta cero.

Cortante y torsión..... 0,85

Aplastamiento en el concreto (excepto para las zonas de anclajes de postensado)..... 0,70

TABLA 9.2
DEFLEXIONES MÁXIMAS ADMISIBLES

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Techos planos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	$l/180^*$
Pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva	$l/360$
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional)†	$l/480 \ddagger$
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240 \S$

Espaciamiento máximo del refuerzo

En muros y losas, exceptuando las losas nervadas, el espaciamiento entre ejes del refuerzo principal por flexión será menor o igual a tres veces el espesor del elemento estructural, sin exceder de 400 mm.

Distribución del refuerzo por flexión en vigas y losas armadas en una dirección.
control de la fisuración

Esto con la finalidad de evitar los agrietamientos en vigas y losas. El refuerzo de tracción por flexión deberá distribuirse adecuadamente en las zonas en tracción máxima del elemento para controlar el ancho de las grietas por flexión. Su distribución y esfuerzo bajo condiciones de servicio deberá ser tal que permita obtener un valor del parámetro Z menor o igual que 26 KN/mm. El parámetro Z se calculará mediante:

$$Z = f_s^3 \sqrt{d_c A_{ct}}$$

Donde f_s es el refuerzo en el acero, en MPa, el cual puede estimarse sobre la base del momento flector en condiciones de servicio M_s , mediante:

$$f_s = \frac{M_s}{0.9dA_s}$$

Siendo:

d_c : espesor del recubrimiento en mm de concreto medido desde la fibra extrema en tracción al centro de la barra de refuerzo más cercana a esa fibra.

A_{ct} : área efectiva del concreto en mm^2 .

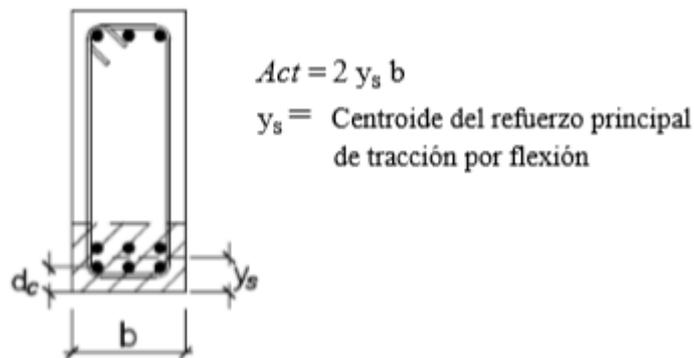


Fig. 9.9.3 Área efectiva de concreto en tracción.

PROCESOS DE ANALISIS Y DISEÑO

Predimensionamiento de elementos estructurales

Vigas:

Recordando que el RNE admite una base mínima de 0.25 m y que el peralte es la décima parte de la luz.

Eje F-F con 1-3

$L = 2.70 \text{ m} \rightarrow h = 0.27 \text{ m}, b = 0.25 \text{ m}$

Eje F-F y 3-4

$L = 2.40 \text{ m} \rightarrow h = 0.24 \text{ m}, b = 0.25 \text{ m}$

Eje C-D Y E-F

$L = 5.70 \text{ m} \rightarrow h = 0.57 \text{ m}, b = 0.29 \text{ m}$

Teniendo en cuenta la uniformidad de cada elemento estructural será de la siguiente forma:

1° y 2° nivel: se tendrá vigas de 30x60 cm.

3° y 4° nivel será con vigas de 25x55 cm.

Columnas:

A manera de facilitar el análisis y los cálculos se usará columnas cuadradas, para lo cual se usará la siguiente formula:

$$a^4 = \frac{(2n + 1)A_t h^2}{3n_c}$$

$n = 4 \text{ niveles}$

$A_t = 118.75 \text{ m}^2$

$h = 3 \text{ m}$

$n_c = 18$

$$a^4 = \frac{(2 \times 4 + 1)118.75 \times (300)^2}{3 \times 18}$$

$a^4 = 1781250.00$

$a = 36.53 \text{ cm.}$

Por lo tanto, se usará columnas de **40x40cm**

Cumpliendo con el área mínima de 1000 cm² que pide el RNE para zona sísmica.

Muros:

Determinando la cortante en la base

NIVEL	AREA	P. SERVICIO	PESO
1	118.75	1.2	142.5
2	118.75	1.2	142.5
3	118.75	1.2	142.5
4	118.75	1.1	130.625
TOTAL			558.13 Tn

1º periodo fundamental de la estructura (T)

$$h_n = 12.5 \text{ m}$$

$$C_t = 35 \text{ sistema únicamente pórticos}$$

$$T = 0.3571 \text{ sg}$$

2º Fuerza cortante en la base (V)

Suelo intermedio

$$T_p = 0.4 \text{ sg}$$

$$S = 1.00$$

$$C = 2.8 \leq 2.5 \quad C = 2.5$$

$$Z = 0.45$$

$$U = 1$$

$$R = 8$$

$$C/R \geq 0.125$$

$$C/R = 0.3125 \quad \text{CUMPLE}$$

**POR
TANTO**

$$V = 61.04 \text{ Tn}$$

Determinando la fuerza del concreto y obteniendo la geometría para la placa con la siguiente relación:

$$V_{st} = \phi V_c = 0.85 \times 0.53 f'_c (t x l); \quad l = \frac{V_{st}}{0.85 \times 0.53 f'_c (t)}$$

$$l = \frac{61.04 \times 1000}{0.85 \times 0.53 \times 240(25)}$$

$$l = 22.58 \text{ m}$$

Según el RNE para que un elemento sea considerado placa debe tener una longitud mínima de 1.20 m.

Por tanto, en caso de que cuando se realiza el análisis se requiera muros de corte se modelara con dimensiones de 1.20x0.25 m

Losas:

Losa maciza:

Para toda longitud de L=6 m resulta usar una losa maciza de espesor

$$6/(40-45)$$

L= 13 cm, con el fin de realizar la comparación de losa maciza con losa prenova se usará el mismo espesor que esta de **18 cm**

Losa prenova:

CARACTERÍSTICAS DE LAS LOSAS PRENOVA

	OBSERVACIONES
Factor de medida eje a eje:	0,9
Factor de luz entre apoyos:	35
Cuenta de acero aprox. /M3	80 /Carga activa 360 kg/m ²
Constante máximo Voladizo	13,04348

	Estéricas															
	Ovaladas	Ovaladas	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,34	0,40	0,45	0,52	0,70	0,80	1,00
Espesor losa	m															
Diámetro de la estera	m	0,27	0,27	0,15	0,18	0,18	0,18	0,23	0,23	0,23	0,32	0,38	0,41	0,55	0,65	0,82
Medida de eje a eje	m	0,30	0,30	0,17	0,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,35	0,40	0,45	0,61	0,72	0,91
Máxima cantidad de esteras	U/M2	10,00	10,00	38,00	25,00	25,00	25,00	18,00	18,00	18,00	8,00	8,00	5,00	2,80	1,98	1,20
Volumen de esteras /m ²	M3/M2	0,04	0,04	0,06	0,08	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,13	0,15	0,17	0,24	0,28	0,35
Consumo de hormigon /m ²	M3/M2	0,11	0,14	0,14	0,15	0,17	0,17	0,18	0,20	0,24	0,27	0,30	0,35	0,46	0,52	0,65
Consumo de acero aprox /m ²	Kg/M2	9,91	12,61	12,27	13,83	15,83	15,83	18,61	18,41	22,01	24,22	27,31	31,15	41,05	48,83	58,82
Reduccion Hormigon/m ²	%	27%	22%	32%	33%	31%	34%	34%	32%	28%	33%	33%	33%	35%	35%	35%
Reduccion de peso/m ²	Kg	95,79	95,79	152,88	183,22	183,22	183,22	228,02	228,02	228,02	314,22	351,78	417,38	585,41	678,41	831,45
Carga adicional util/m ²	Kg	95,79	95,79	152,88	183,22	183,22	183,22	228,02	228,02	228,02	314,22	351,78	417,38	585,41	678,41	831,45
Luz entre apoyos sin vigas	Desde M	5,25	6,30	7,00	8,05	8,75	8,75	9,80	10,50	11,90	14,00	15,75	18,20	24,50	28,00	35,00
	Hasta M	6,25	7,30	8,00	9,05	9,75	10,80	11,50	12,90	15,00	16,75	19,20	25,50	28,00	35,00	38,00
Maximo voladizo	m	1,98	2,35	2,81	3,00	3,28	3,85	3,91	4,43	5,22	5,87	6,78	8,13	10,43	13,04	

Fuente: Catálogo de sistemas constructivos sustentables arquitectos

Se usará un espesor de 18 cm

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Características del material y cargas:

CONCRETO

$$f'c = 240 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 15000(240)^{0.5} = 232379.0008 \text{ Kg/cm}^2$$

ACERO

$$Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Es = 2,1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

CARGA VIVA

Techo azotea 100 kg/m²

Techos 1° - 3° piso 200 kg/m²

Escalera 300 kg/m²

Tarrajeos (acabados) 50 kg/m²

Piso terminado 100 kg/m²

Espectro de pseudo-aceleraciones

DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.35	RO	8	8
U	1.00	Ia	1.00	1.00
S	1.00	Ip	1.00	1.00
TP	0.40	R	8	8
TL	2.50	g	9.81 m/s ²	

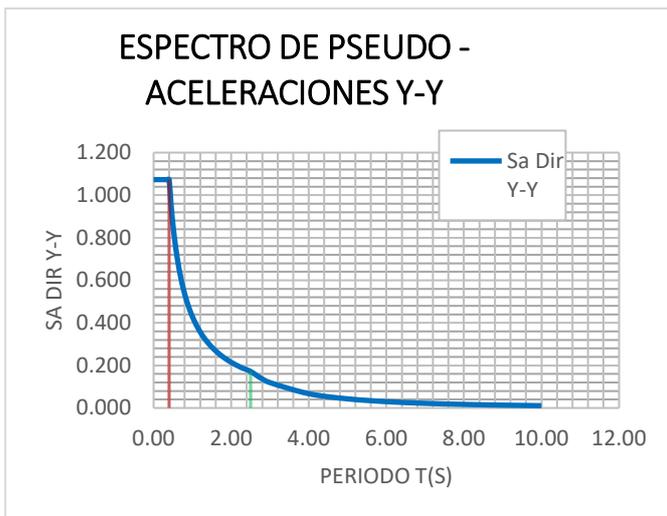
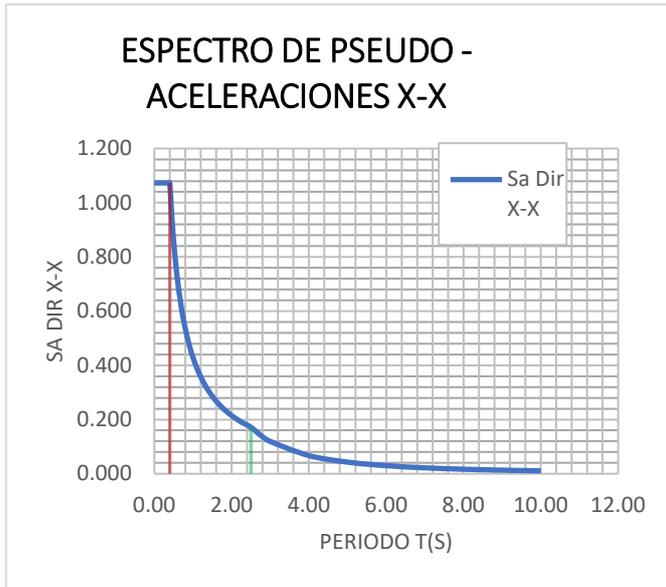
$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.073	1.073
2.50	0.02	1.073	1.073
2.50	0.04	1.073	1.073
2.50	0.06	1.073	1.073
2.50	0.08	1.073	1.073
2.50	0.10	1.073	1.073
2.50	0.12	1.073	1.073
2.50	0.14	1.073	1.073
2.50	0.16	1.073	1.073
2.50	0.18	1.073	1.073
2.50	0.20	1.073	1.073
2.50	0.25	1.073	1.073
2.50	0.30	1.073	1.073
2.50	0.35	1.073	1.073
2.50	0.40	1.073	1.073
2.22	0.45	0.954	0.954
2.00	0.50	0.858	0.858
1.82	0.55	0.780	0.780



1.67	0.60	0.715	0.715
1.54	0.65	0.660	0.660
1.43	0.70	0.613	0.613
1.33	0.75	0.572	0.572
1.25	0.80	0.536	0.536
1.18	0.85	0.505	0.505
1.11	0.90	0.477	0.477
1.05	0.95	0.452	0.452
1.00	1.00	0.429	0.429
0.91	1.10	0.390	0.390
0.83	1.20	0.358	0.358
0.77	1.30	0.330	0.330
0.71	1.40	0.307	0.307
0.67	1.50	0.286	0.286
0.63	1.60	0.268	0.268
0.59	1.70	0.252	0.252
0.56	1.80	0.238	0.238
0.53	1.90	0.226	0.226
0.50	2.00	0.215	0.215
0.44	2.25	0.191	0.191
0.40	2.50	0.172	0.172
0.33	2.75	0.142	0.142
0.28	3.00	0.119	0.119
0.16	4.00	0.067	0.067
0.10	5.00	0.043	0.043
0.07	6.00	0.030	0.030
0.05	7.00	0.022	0.022
0.04	8.00	0.017	0.017
0.03	9.00	0.013	0.013
0.03	10.00	0.011	0.011

DISEÑO DE LOSAS

LOSA MACIZA

DATOS DE DISEÑO PARA LOSA MACIZA

Peso Total de la losa = (hlosa x γ) + Pmacilla + Pacabados

Peso Total de la losa = (0.18 x (2400)) + 57 + 38 + 32

Peso Total de la losa = 432 + 127

Peso Total de la losa = 559.00 kg/m²

Cálculo de cargas

$$C.MUERTA = \Delta p + PLosa$$

$$C.MUERTA = 49.45 \text{ kg/m}^2 + 559 \text{ kg/m}^2$$

$$C.MUERTA = 608.45 \text{ Kg/m}^2$$

$$C.VIVA = 200 \text{ Kg/m}^2$$

Carga ultima (U)

$$U = 1.4D + 1.7L$$

$$U = 1.4 \times 608.45 + 1.7 \times 200$$

$$U = 1191.83 \text{ Kg/m}^2$$

Esfuerzos de Corte

$$h = 18 \text{ cm}$$

$$r = 2.5 \text{ cm}$$

$$d = 15.5 \text{ cm.}$$

$$bw = 100 \text{ cm}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} bw.d$$

$$V_c = 0.53(240^{0.5}) \times 100 \times 15.5$$

$$V_c = 12726.62 \text{ Kg}$$

$$V_u = 1.15 \times W_u \times L_n^2$$

$$V_u = 1.15 \times 1191.83 \times 5.60$$

$$V_u = 7675.39 \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow 0.85 \times 12726.62 \geq 7675.39$$

$$10817.63 > 7675.39 \dots\dots\dots \text{ cumple}$$

CALCULO ESTRUCTURAL DE LA LOSA MACIZA

Momentos por el método ACI (American Concrete Institute)

DIRECCIÓN LADO LARGO

Momentos negativos

$$M = \frac{W_U L_n^2}{11}$$

$$M = \frac{1191.83 \times 5.60^2}{11}$$

$$M = 3397.80 \text{ Kg-m}$$

Momentos positivos

$$M = \frac{W_U L_n^2}{16}$$

$$M = \frac{1191.83 \times 5.60^2}{16}$$

$$M = 2335.99 \text{ Kg-m}$$

LADO MÁS CORTO

Momentos negativos

$$M = \frac{W_U L_n^2}{11}$$

$$M = \frac{1191.83 \times 2.60^2}{11}$$

$$M = 732.43 \text{ Kg-m}$$

Momentos positivos

$$M = \frac{W_U L_n^2}{16}$$

$$M = \frac{1191.83 \times 2.60^2}{16}$$

$$M = 503.55 \text{ Kg-m}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo

Para determinar los aceros positivos tomamos en cuenta el momento máximo positivo calculado en las dos direcciones. Entonces tomamos el Momento máximo positivo de la dirección larga que es de $M = 2335.99 \text{ Kg-m}$

$$K = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

$$K = \frac{2335.99 \times 100}{0.9 \times 240 \times 100 \times 15.5^2}$$

$$K = 0.045$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36K}}{1.18}$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \times 0.045}}{1.18}$$

$$q = 0.0463$$

$$\rho = q \frac{f'_c}{F_y}$$

$$\rho = 0.0463 \frac{240}{4200} = 0.0026$$

$$A_s = \rho b d$$

El código ACI determina una cuantía mínima de 0.0033

$$A_s = 0.0033 \times 100 \times 15.5$$

$$A_s = 5.12 \text{ cm}^2 \rightarrow 1 \text{ Ø}1/2'' + 2 \text{ Ø}5/8'' = 5.23 \text{ cm}^2$$

Acero negativo

Para determinar los aceros positivos tomamos en cuenta el momento máximo negativo calculado en las dos direcciones. Entonces tomamos el Momento máximo negativo de la dirección larga que es de $M = 3397.80 \text{ Kg-m}$

$$K = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

$$K = \frac{3397.80 \times 100}{0.9 \times 240 \times 100 \times 15.5^2}$$

$$K = 0.0655$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36K}}{1.18}$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \times 0.0655}}{1.18}$$

$$q = 0.0682$$

$$\rho = q \frac{f'_c}{F_y}$$

$$\rho = 0.0682 \frac{240}{4200} = 0.0039$$

$$A_s = \rho b d$$

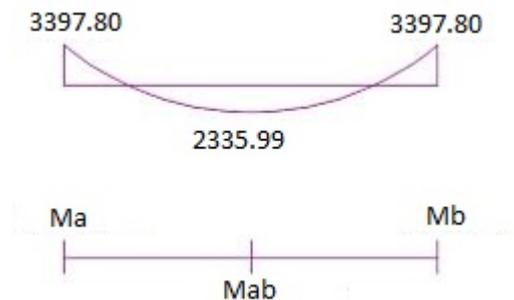
El código ACI determina una cuantía mínima de 0.0033

$$A_s = 0.0039 \times 100 \times 15.5$$

$$A_s = 6.05 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\text{Ø}1/2'' + 2\text{Ø}5/8'' = 6.50 \text{ cm}^2$$

Cálculo de Deflexiones en la dirección Lado Larga

Figura 13. Distribución de momentos en la dirección larga



Fuente: Franklin Dominguez

$$M_a = 3397.80 \text{ kg-m}$$

$$L = 5.60 \text{ m}$$

$$A_s = 6.50 \text{ cm}^2$$

$$h = 18 \text{ cm}$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

$$E_c = 15000 \times 240^{0.5} = 232379.001 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda = 1.0 \text{ (peso normal)}$$

$$f_r = 2(1)\sqrt{240} = 30.98$$

$$f_r = 30.98$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_g = 272160 \text{ cm}^4$$

$$n = E_s/E_c = 9.0370$$

calculo de P_r

$$P_r = \frac{A_s}{bxd}$$

$$P_r = \frac{6.50}{100 \times 15.5}$$

$$P_r = 0.0042$$

Calculo de "c"

$$c = \left(\sqrt{2nP_r + (nP_r)^2} - nP_r \right) d$$

$$c = \left(\sqrt{2 \times 9.037 \times 0.0042 + (9.037 \times 0.0042)^2} - 9.037 \times 0.0042 \right) 15.5$$

$$c = 3.7226$$

calculo de γ_t

$$\gamma_t = h - c$$

$$\gamma_t = 18 - 3.7226 = 14.2774 \text{ cm}$$

calculo de M_{cr}

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{\gamma_t}$$

$$M_{cr} = \frac{30.98 \times 272160}{14.2774}$$

$$M_{cr} = 590549.876$$

Calculo de I_{cr}

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - c)^2$$

$$I_{cr} = \frac{100 \times 3.7226^3}{3} + 9.037 \times 6.50(15.5 - 3.7226)^2$$

$$I_{cr} = 9867.2895$$

Calculo de I_e

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{590549.876}{3397.80 \times 100}\right)^3 \times 272160 + \left[1 - \left(\frac{590549.876}{3397.80 \times 100}\right)^3\right] 9867.2895$$

$$I_e = 1386957.95$$

CALCULO DE DEFLEXIONES

Deflexiones instantáneas producida por carga de servicio

$$\Delta_1 = \frac{5WL^4}{384E_s I_e}$$

$$W = D + L = 608.45 + 200 = 808.45$$

$$\Delta_1 = \frac{5 \times 808.45 \times 560^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 1386957.95} = 0.3554 \text{ cm}$$

Deflexión producida por momento negativo (M_a)

$$\Delta_2 = \frac{M_a L^2}{16I_s I_e}$$

$$\Delta_2 = \frac{3397.80 \times 560^2}{16 \times 2.1 \times 10^6 \times 1386957.95}$$

$$\Delta_2 = 0.0229 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

Deflexión producida por momento negativo (M_b)

$$\Delta_3 = \frac{M_b L^2}{16I_s I_e}$$

$$\Delta_3 = \frac{3397.80 \times 560^2}{16 \times 2.1 \times 10^6 \times 1386957.95}$$

$$\Delta_3 = 0.0229 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

Deflexiones instantáneas totales

$$\Delta_{iT} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

$$\Delta_{iT} = 0.3554 \text{ cm}$$

DEFLEXIONES A LARGO PLAZO

$$\lambda_{\Delta} = \frac{\xi}{1 + 50p'}$$

Para 5 años: $\xi = 2.0$

$$\lambda_{\Delta} = \frac{2}{1 + 50 \times 0.0042}$$

$$\lambda_{\Delta} = 1.6529$$

$$\Delta LP = \lambda_{\Delta} \Delta_{iT}$$

$$\Delta LP = 1.6529 \times 0.3554$$

$$\Delta LP = 0.5874 \text{ cm}$$

Deflexión total calculada

$$\Delta_T = 0.5874 + 0.3554$$

$$\Delta_T = 0.94 \text{ cm}$$

Deflexión admisible

$$\Delta_{adm} = \frac{L_n}{480}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{560}{480} = 1.17 \text{ cm}$$

$$\Delta LP \leq \Delta_{adm}$$

$$\Leftrightarrow 0.94 < 1.17 \dots \dots \dots \text{CUMPLE}$$

Cortante por Punzonamiento

Datos:

$$U = 1191.83 \text{ kg/m}^2$$

Cortante Mayorado

$$Vu = 1191.83 \times (5.60) = 6674.25 \text{ kg}$$

$$\phi VC = 0.85 \times 1.1 \sqrt{240} \times 100 \times 15.5 = 22451.69 \text{ kg}$$

$$\phi VC \geq Vu$$

$$22451.69 \text{ kg} \geq 6674.25 \text{ kg} \dots\dots\dots OK$$

ANÁLISIS DE LA EDIFICACIÓN CON LOSA PRENOVA

Características de las esferas de aire

CARACTERÍSTICAS DE LAS LOSAS PRENOVA

		OBSERVACIONES	
Factor de medida eje a eje:	0.9		
Factor de luz entre apoyos:	35		
Cuántia de acero aprox. /M3	90	Carga activa	350 kg/m2
Constante máximo Voladizo	13.04348		

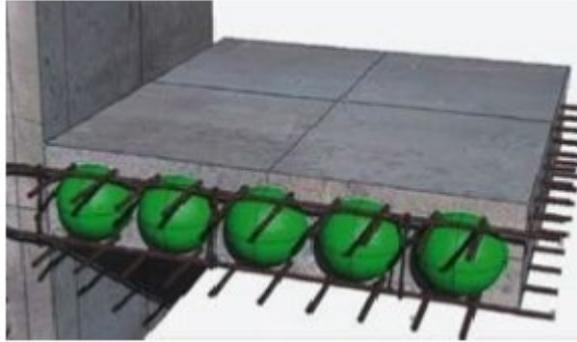
		Ovaladas	Ovaladas
Espesor losa	m	0,15	0,18
Diámetro de la esfera	m	0.27	0.27
Medida de eje a eje	m	0.30	0.30
Máxima cantidad de esferas	U/M2	10.00	10.00
Volumen de esferas /m2	M3/M2	0.04	0.04
Consumo de hormigon /m2	M3/M2	0.11	0.14
Consumo de acero aprox /m2	Kg/M2	9.91	12.61
Reduccion Hormigon/m2	%	27%	22%
Reduccion de peso/m2	Kg	95.79	95.79
Carga adicional util/m2	Kg	95.79	95.79
Luz entre apoyos sin vigas	Desde M	5.25	6.30
	Hasta M	6.25	7.30
Máximo voladizo	m	1.96	2.35

Fuente: catalogo prenova

DISEÑO DE LOSA PRENOVA

Cálculo del peso de la losa

Figura 15: Losa alivianada con esferas de Plástico



Fuente: PRENOVA

Peso Total de la losa = $(V_{\text{losa}} \times \gamma_h) + P_{\text{macilla}} + P_{\text{acabados}}$

Peso Total de la losa = $((V_{\text{concreto}}) - (V_{\text{pelotas}})) \times (2400) + 57 + 38 + 32$

Peso Total de la losa = $((1.0 \times 1.0 \times 0.18) - (4/3(\pi r^3) \times 70)) \times (2400) + 127$

Peso Total de la losa = 414.69 kg/m²

Cálculo de cargas

C.MUERTA = $\Delta p + P_{\text{Losa}}$

C.MUERTA = 49.45 kg/m² + 414.69 kg/m²

C.MUERTA = 490.94 Kg/m²

C.VIVA = 200 Kg/m²

Carga ultima (U)

$U = 1.4D + 1.7L$

$U = 1.4 \times 490.94 + 1.7 \times 200$

$U = 1026.686 \text{ Kg/m}^2$

Esfuerzos de Corte

$h = 18 \text{ cm}$

$r = 2.5 \text{ cm}$

$d = 15.5 \text{ cm.}$

$b_w = 100 \text{ cm}$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$V_c = 0,53 \sqrt{f'_c} b_w \cdot d$$

$$V_c = 0.53(240^{0.5}) \times 100 \times 15.5$$

$$V_c = 12726.62 \text{ Kg}$$

$$V_u = 1.15 \times W_u \times L_n^2$$

$$V_u = 1.15 \times 1026.686 \times 5.60$$

$$V_u = 6611.86 \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow 0.85 \times 12726.62 \geq 6611.86$$

$$10817.63 > 6611.86 \dots \dots \text{ cumple}$$

CALCULO ESTRUCTURAL DE LA LOSA PRENOVA

Momentos por el método ACI (American Concrete Institute)

DIRECCIÓN LADO LARGO

Momentos negativos

$$M = \frac{W_u L_n^2}{11}$$

$$M = \frac{1026.686 \times 5.60^2}{11}$$

$$M = 2926.99 \text{ Kg-m}$$

Momentos positivos

$$M = \frac{W_u L_n^2}{16}$$

$$M = \frac{1026.686 \times 5.60^2}{16}$$

$$M = 2012.30 \text{ Kg-m}$$

LADO MÁS CORTO

Momentos negativos

$$M = \frac{W_u L_n^2}{11}$$

$$M = \frac{1026.686 \times 2.60^2}{11}$$

$$M = 630.95 \text{ Kg-m}$$

Momentos positivos

$$M = \frac{W_U L_n^2}{16}$$

$$M = \frac{1026.686 \times 2.60^2}{16}$$

$$M = 433.77 \text{ Kg-m}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo

Para determinar los aceros positivos tomamos en cuenta el momento máximo positivo calculado en las dos direcciones. Entonces tomamos el Momento máximo positivo de la dirección larga que es de $M = 2012.30 \text{ Kg-m}$

$$K = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

$$K = \frac{2012.30 \times 100}{0.9 \times 240 \times 100 \times 15.5^2}$$

$$K = 0.0388$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36K}}{1.18}$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \times 0.0388}}{1.18}$$

$$q = 0.0397$$

$$\rho = q \frac{f'_c}{F_y}$$

$$\rho = 0.0397 \frac{240}{4200} = 0.0023$$

$$A_s = \rho b d$$

El código ACI determina una cuantía mínima de 0.0033

$$A_s = 0.0033 \times 100 \times 15.5$$

$$A_s = 5.12 \text{ cm}^2 \rightarrow 1\text{Ø}1/2'' + 2 \text{Ø}5/8'' = 5.23 \text{ cm}^2$$

Acero negativo

Para determinar los aceros positivos tomamos en cuenta el momento máximo negativo calculado en las dos direcciones. Entonces tomamos el Momento máximo negativo de la dirección larga que es de $M = 2926.99 \text{ Kg-m}$

$$K = \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}$$

$$K = \frac{2926.99 \times 100}{0.9 \times 240 \times 100 \times 15.5^2}$$

$$K = 0.0564$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36K}}{1.18}$$

$$q = \frac{1 - \sqrt{1 - 2.36 \times 0.0564}}{1.18}$$

$$q = 0.0584$$

$$\rho = q \frac{f'_c}{F_y}$$

$$\rho = 0.0584 \frac{240}{4200} = 0.0033$$

$$A_s = \rho b d$$

El código ACI determina una cuantía mínima de 0.0033

$$A_s = 0.0033 \times 100 \times 15.5$$

$$A_s = 5.12 \text{ cm}^2 \rightarrow 1\text{Ø}1/2'' + 2 \text{Ø}5/8'' = 5.23 \text{ cm}^2$$

Cálculo de Deflexiones en la dirección Lado Larga

Figura 13. Distribución de momentos en la dirección larga



Fuente: Franklin Dominguez

$$M_a = 2926.99 \text{ kg-m}$$

$$L = 5.60 \text{ m}$$

$$A_s = 5.23 \text{ cm}^2$$

$$h = 18 \text{ cm}$$

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

Datos determinados anteriormente en el cálculo de deflexiones de losa maciza

$$E_c = 232379.001 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda = 1.0 \text{ (peso normal)}$$

$$f_r = 2(1)\sqrt{240} = 30.98$$

$$f_r = 30.98$$

$$I_g = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_g = 272160 \text{ cm}^4$$

$$n = E_s/E_c = 9.0370$$

calculo de P_r

$$P_r = \frac{A_s}{bxd}$$

$$P_r = \frac{5.23}{100 \times 15.5}$$

$$P_r = 0.0034$$

Calculo de "c"

$$c = \left(\sqrt{2nP_r + (nP_r)^2} - nP_r \right) d$$

$$c = \left(\sqrt{2 \times 9.037 \times 0.0034 + (9.037 \times 0.0034)^2} - 9.037 \times 0.0034 \right) 15.5$$

$$c = 3.3955$$

calculo de γ_t

$$\gamma_t = h - c$$

$$\gamma_t = 18 - 3.3955 = 14.6045 \text{ cm}$$

calculo de M_{cr}

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{\gamma_t}$$

$$M_{cr} = \frac{30.98 \times 272160}{14.6045}$$

$$M_{cr} = 577323.2086$$

Calculo de I_{cr}

$$I_{cr} = \frac{bc^3}{3} + nA_s(d - c)^2$$

$$I_{cr} = \frac{100 \times 3.3955^3}{3} + 9.037 \times 5.23 (15.5 - 3.3955)^2$$

$$I_{cr} = 8218.4412$$

Calculo de I_e

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr}$$

$$I_e = \left(\frac{577323.2086}{2926.99 \times 100} \right)^3 \times 272160 + \left[1 - \left(\frac{577323.2086}{2926.99 \times 100} \right)^3 \right] 8218.4412$$

$$I_e = 2033573.23$$

CALCULO DE DEFLEXIONES

Deflexiones instantáneas producida por carga de servicio

$$\Delta_1 = \frac{5WL^4}{384E_s I_e}$$

$$W = D + L = 490.94 + 200 = 690.94$$

$$\Delta_1 = \frac{5 \times 690.94 \times 560^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 2033573.23} = 0.2072 \text{ cm}$$

Deflexión producida por momento negativo (Ma)

$$\Delta_2 = \frac{M_a L^2}{16 I_s I_e}$$

$$\Delta_2 = \frac{2926.99 \times 560^2}{16 \times 2.1 \times 10^6 \times 2033573.23}$$

$$\Delta_2 = 0.0134 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

Deflexión producida por momento negativo (Mb)

$$\Delta_3 = \frac{M_b L^2}{16 I_s I_e}$$

$$\Delta_3 = \frac{2926.99 \times 560^2}{16 \times 2.1 \times 10^6 \times 2033573.23}$$

$$\Delta_3 = 0.0134 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

Deflexiones instantáneas totales

$$\Delta_{iT} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3$$

$$\Delta_{iT} = 0.2072 \text{ cm}$$

DEFLEXIONES A LARGO PLAZO

$$\lambda_{\Delta} = \frac{\xi}{1 + 50p'}$$

Para 5 años: $\xi = 2.0$

$$\lambda_{\Delta} = \frac{2}{1 + 50 \times 0.0034}$$

$$\lambda_{\Delta} = 1.71$$

$$\Delta LP = \lambda_{\Delta} \Delta_{iT}$$

$$\Delta LP = 1.71 \times 0.2072$$

$$\Delta LP = 0.3543 \text{ cm}$$

Deflexión total calculada

$$\Delta_T = 0.3543 + 0.2072$$

$$\Delta_T = 0.56 \text{ cm}$$

Deflexion admisible

$$\Delta_{adm} = \frac{L_n}{480}$$

$$\Delta_{adm} = \frac{560}{480} = 1.17 \text{ cm}$$

$$\Delta LP \leq \Delta_{adm}$$

$$\Leftrightarrow 0.56 < 1.17 \dots \dots \dots \text{CUMPLE}$$

Cortante por Punzonamiento

Datos:

Como el tablero analizado en la losa maciza es el mismo para la losa con esferas de plástico tomamos los mismos datos dados en la losa maciza con una variación de la carga ultima mayorada.

$$U=1026.686 \text{ kg/m}^2$$

Cortante Mayorado

$$Vu = 1026.686 \times (5.60) = 5749.44 \text{ kg}$$

$$\phi VC = 0.85 \times 1.1 \sqrt{240} \times 100 \times 15.5 = 22451.69 \text{ kg}$$

$$\phi VC \geq Vu$$

$$22451.69 \text{ kg} \geq 5749.44 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{OK}$$