UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"

ESCUELA DE POST GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL CON LA INCORPORACIÓN DE VIGUETAS DE ACERO EN EL EDIFICIO DE AULAS DE LA I.E.P."EUCLIDES", PILLCO MARCA – HUÁNUCO 2016

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN EDUCACIÓN

MENCIÓN: EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Autor

XENIA ROSARIO VERDI CHAHUA

Huánuco – Perú

2016

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo cada instante, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres y hermanos por estar en buenos y malos momentos de mi vida.

A mis hijos la razón de mi existencia

A mi esposo, por su amor, paciencia, comprensión y por ser tal y como es.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, institución donde realicé mis estudios de pregrado y de la cual siempre he recibido conocimiento.

En general a todas las instituciones, organismos, archivos, bibliotecas, laboratorio, que de alguna manera contribuyeron a facilitarme acceso a la información requerida para estructurar esta investigación.

En especial a mis familiares de los cuales siempre recibí su comprensión y paciencia.

Finalmente, a todas aquellas personas, colegas y amigos que me brindaron su apoyo tiempo e información para la culminación de esta investigación.

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo de investigación es evaluar que si con la incorporación de viguetas de acero en la estructura de concreto armado se mejora el comportamiento estructural del edificio de aulas de la I.E.P “Euclides” para ello comparamos y analizamos (con el método analítico comparativo) los comportamientos estructurales antes y después de la incorporación del nuevo sistema de losa aligerada en el edificio de concreto armado utilizando el programa Etabs 2015, previamente se pre dimensionó los elementos estructurales.

La investigación parte de un diseño arquitectónico típico proyectado sobre un terreno de propiedad de la I.E.P.”Euclides” ubicado en Cayhuayna Alta del distrito de Pillcomarca, provincia y departamento de Huánuco, cuya área construida es de 656 m^2 considerando seis pisos destinado al uso educativo (aulas, SS.HH y SUM). El tipo de suelo sobre el cual se encuentra el edificio es grava mal graduada con una capacidad admisible de 4kg/cm^2 (suelo rígido). Para la circulación vertical se planteó dos escaleras y dos ascensores.

Se utilizó el sistema dual en ambas direcciones, los cuales combinan columnas con muros de corte (para controlar los desplazamientos laterales durante la acción de un sismo severo), siendo estos conectados entre sí por medio de vigas peraltadas. Para poder mejorar el comportamiento tanto en la dirección Y y X se consideraron columnas T, L y Cruz, así para garantizar la rigidez de la edificación y cuidar la arquitectura.

Como se puede apreciar, se tiene una alta densidad de muros de corte en la dirección X e Y casi similar, Pero cuidando la Arquitectura de la edificación.

El criterio utilizado para colocar las vigas fue el de evitar el impacto visual de los ocupantes; para ello, se colocaron en lugares donde se pudiera disimular su presencia, como por ejemplo, en los ejes que tienen tabiques fijos, divisiones de ambiente, o en donde sólo se verían como dinteles de puertas o ventanas.

Se usaron losas Nervadas armadas en dos direcciones (en los halls que son paños más grandes), losas macizas armada en una dirección (en las cajas de escaleras y techo de los ascensores), losas aligeradas en una dirección (en el resto de la edificación). De esta manera, al combinar losas Nervadas, macizas y aligeradas se trató de asegurar que existiera un trabajo en conjunto entre los techos y los elementos estructurales, obteniendo con ello un comportamiento similar al de un diafragma rígido que permita uniformizar los desplazamientos laterales y repartir uniformemente los esfuerzos a las muros de corte y columnas.

El diseño aplicado fue el **experimental** ya que se manipularon la variable de estudio, el tipo de diseño experimental es el **cuasi-experimental** por ser una intervención deliberada con objetos y no con sujetos o personas además no se tubo grupos de control, el nivel de investigación es **explicativo** porque se quiere demostrar si es verdadero o falso que las viguetas de acero mejoran el comportamiento estructural del edificio de aulas y como técnica de recolección de datos se empleó la **observación** y los instrumentos fueron los planos, las normas y el programa Etabs.

El sistema estructural con viguetas de acero representó la alternativa más óptima para la construcción de edificaciones sismo resistentes, debido a que permite reducir el peso de la estructura hasta un 4%, manteniendo un comportamiento estructural eficaz y cumpliendo con las exigencias de las normas. El sistema estructural con viguetas de acero contó con una considerable rigidez lateral, superior al del sistema convencional, brindando una mejor respuesta ante las cargas horizontales sísmicas. Esto se demuestra gracias a los periodos de vibración, desplazamientos máximos y derivas inherentes a las estructuras, cuyos valores resultaron mucho más favorables que en aquella que se utilizó el sistema convencional

SUMMARY

The general aim of the present work of investigation is to evaluate that if with the incorporation of joists of steel in the structure of I make concrete armed there is improved the structural behavior of the building of The general aim of the present work of investigation is to evaluate that if with the incorporation of joists of steel in the structure of I make concrete armed there is improved the structural behavior of the building of classrooms of the I.E.P "Euclides" for it we compare and analyze (with the analytical comparative method) the structural behaviors before and after the incorporation of the new system of slab lightened in the building of I make concrete armed using the program Etabs 2015, before pre measured the structural elements.

The investigation departs from an architectural typical design projected on an area of property of the I.E.P. "Euclides" located in Cayhuayna Alta of Pillcomarca's district province and Huánuco's department, which constructed area is of 656 m2 considering six floors to be destined for the educational use (classrooms, SS.HH and SUM). The type of soil on which one finds the building is a gravel badly classified with an admissible capacity of 4kg/cm2 (rigid soil). For the vertical traffic one raised two stairs and two elevators.

The dual system was in use in both directions, which combine columns with walls of court (to control the lateral displacements during the action of a severe earthquake), being these connected between yes by means of girders peraltadas. To be able to improve the behavior so much in the direction Y And and X they were considered to be columns T, L and Cross, like that to guarantee the inflexibility of the building and to take care of the architecture.

Since it is possible to estimate, there is had a high density of walls of court in the direction X and And almost similar, But taking care of the Architecture of the building. The criterion used to place the girders was of avoiding the visual impact of the occupants; for it, they placed in places where it was possible to hide his presence, since for example, in the axes

that have fixed partitions, divisions of environment, or where only they would be seen as lintels of doors or windows.

There were used slabs Nervadas armed in two directions (in the halls that are bigger cloths), massive slabs armed in a direction (in the boxes of stairs and ceiling of the elevators), slabs lightened in a direction (in the rest of the building). Hereby, on having combined slabs Nervadas, massive and lightened it was a question of assuring him that a joint work should exist between the ceilings and the structural elements, obtaining with it a behavior similar to that of a rigid diaphragm that allows uniformizar the lateral displacements and to distribute uniformly the efforts to the muros of court and columns.

The applied design was the experimental one since the variable of study was manipulated, the type of experimental design is the cuasi - experimentally for being an intervention discussed with objects and not with subjects or you present in addition not pipe groups of control, the level of investigation is explanatory because it wants to be demonstrated if it is real or false that the joists of steel improve the structural behavior of the building of classrooms and as technology of compilation of information the observation was used and the instruments were the planes, the procedure and the program Etabs.

The structural system with joists of steel represented the most ideal alternative for the construction of buildings sismorresistentes, due to the fact that it allows to reduce the weight of the structure up to 4 %, supporting a structural effective behavior and expiring with the requirements of the procedure. The structural system with joists of steel possessed a considerable lateral inflexibility, superior to that of the conventional system offering a better response before the horizontal seismic loads. This is demonstrated thanks to the periods of vibration, maximum displacements and drifts inherent in the structures, which values turned out to be much more favorable than in that one that was in use the conventional system.

INTRODUCCIÓN.

Hace menos de dos años un nuevo sistema de losa aligerada incursiona en el Perú llamado vigacero fabricado por la empresa Arcotecho, recibiendo el premio CAPECO “A La Innovación Tecnológica“ en EXCON 2014. Este sistema está conformado por viguetas prefabricadas de acero estructural galvanizado (siendo la luz entre viguetas de 84 cm), casetones de poliestireno expandido EPS de alta densidad (cuya altura depende de la sobrecarga que actúa sobre la losa) y una losa de concreto y malla de temperatura de 4 a 5 cm de espesor. Este nuevo sistema está siendo promocionado de tal manera que facilita la construcción de una manera más rápida y sencilla ya que no se requiere de encofrado a la vez que se reduce el peso de la estructura, etc. Motivados por tantas bondades que presenta el nuevo sistema nos atrevimos a investigar su comportamiento estructural ya que los que estamos comprometidos con la rama de la construcción tenemos la responsabilidad de diseñar edificaciones seguras, confortables y económicas por lo tanto con esta investigación se buscó analizar el comportamiento estructural del edificio de aulas con el sistema convencional y a este mismo (en iguales condiciones) se le reemplazo el nuevo sistema de losa aligerada con viguetas de acero observando su comportamiento. Finalmente fueron comparados ambos comportamientos y se concluyó haciendo una aproximación de los dos sistemas con el reglamento.

Construcciones que usen este nuevo sistema, en nuestra ciudad aún no se han visto hasta la fecha, probablemente será por la poca difusión, o por el desconocimiento de su comportamiento estructural ante cargas verticales y cargas horizontales o sísmicas. La investigación se limita a conocer el comportamiento estructural del edificio, dejando aperturado la indagación referente al comportamiento estructural usando este nuevo sistema de losa aligerada pero con un nuevo pre dimensionamiento de los elementos estructurales ya que el peso se reduce considerablemente.

El presente trabajo de investigación presenta los capítulos:

En el capítulo I, se dan a conocer consideraciones preliminares del proyecto

En el capítulo II, relacionado con la descripción y formulación del problema, objetivos, hipótesis, variables, operacionalización de variables, justificación, viabilidad y limitaciones de la investigación.

En el capítulos III, se hace referencia del marco teórico, el cual comprende los antecedentes de la investigación, bases teóricas y definiciones conceptuales.

En el capítulo IV se explica los procedimientos de materiales y métodos el cual incluye método, diseño, tipo y nivel de investigación, así mismo población, muestra, técnicas e instrumentos de investigación

En el capítulo V, se presenta el procesamiento y análisis de datos

En el capítulo VI discusión de resultados

Lo mencionados anteriormente, conlleva a establecer las respectivas conclusiones y las posteriores recomendaciones.

Debido a los avances y recursos tecnológicos con que se cuenta en la actualidad en el área de la ingeniería civil, en especial de la ingeniería estructural, hoy en día existen muchos programas de computadora, en donde, se pueden modelar edificios en tres dimensiones para su análisis y diseño utilizando el método de análisis de los elementos finitos, estos programas, permiten observar el comportamiento de los edificios ante diversos tipos de carga mediante una interfaz gráfica; además, las últimas versiones de estos programas de computadora incluyen las publicaciones más actualizadas de las normas ó reglamentos más reconocidos para el análisis y diseño de estructuras, permitiendo realizar análisis más complejos, haciendo que posean un mayor grado de certidumbre respecto a sus predecesores en tal sentido haciendo uso de la tecnología y estando a la par con las exigencias que hoy en día las empresas e instituciones solicitan para la presentación de los proyectos, se utilizó el programa Etabs 2015 para el análisis de la estructura, ya que es un software que realiza los cálculos con tanta exactitud y precisión según investigaciones hechas y no cabe la posibilidad en este mundo globalizado hacer los análisis en forma manual.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA……...I

DEDICATORIA……II

AGRADECIMIENTO……...III

RESUMEN……IV

SUMMARY: ……VI

INTRODUCCIÓN……...VIII

ÍNDICE DE CONTENIDOS……..X

ÍNDICE DE FIGURAS…… XIV

ÍNDICE DE TABLAS……XVI

CAPÍTULO I

1 CONSIDERACIONES INICIALES DEL PROYECTO 17

1.1 UBICACIÓN.....17

1.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....19

1.1.2 VÍAS DE ACCESO 19

1.2 TOPOGRAFÍA 20

1.3 PROYECTO ARQUITECTÓNICO 22

1.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS 25

1.5 REGLAMENTOS 26

CAPÍTULO II

2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 27

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 27

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....28

2.2.1 PROBLEMA GENERAL 28

2.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS 28

2.3 OBJETIVOS 28

2.3.1 OBJETIVO GENERAL 28

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 28
2.4 HIPÓTESIS 29
2.4.1 HIPÓTESIS NULA 29
2.4.2 HIPÓTESIS ALTERNA 29
2.5 VARIABLES.....29
2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE (X) 29
2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE (Y) 29
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 30
2.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....31
2.8 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN 31
2.9 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....31
2.9.1 ALCANCE 31
2.9.2 COSTO 32
2.9.3 TIEMPO 32
2.9.4 CALIDAD 32
CAPÍTULO III
3 MARCO TEÓRICO 33
3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....33
3.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL.....33
3.1.2 A NIVEL NACIONAL 34
3.1.3 A NIVEL LOCAL.....35
3.2 BASES TEÓRICAS 35
3.2.1 REQUISITOS PARA EL BUEN DESEMPEÑO ESTRUCTURAL.. 35
3.2.2 CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE.....36
3.2.3 COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES ..50
3.2.4 VIGUETAS DE ACERO.....56

3.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES 65

CAPÍTULO IV

4 MARCO METODOLÓGICO 68

4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN 68

4.1.1 TIPO.....68

4.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN 68

4.2 MÉTODO Y DISEÑO 68

4.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....68

4.2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....68

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA 69

4.3.1 POBLACIÓN 69

4.3.2 MUESTRA.....69

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN 70

4.4.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS 71

4.4.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS 71

4.4.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS 71

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS 72

5.1 ESTRUCTURACIÓN Y PRE DIMENSIONAMIENTO.....72

5.1.1 ESTRUCTURACIÓN DEL EDIFICIO.....72

5.1.2 PRE DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES 73

5.2 ANÁLISIS SÍSMICO 82

5.2.1 CARGAS.....83

5.2.2 DATOS DE LOS MATERIALES 84

5.2.3 PARÁMETROS SÍSMICOS.....86

5.2.4 MODELO PARA EL ANÁLISIS.....99

5.2.5 RECOLECCIÓN DE DATOS 108

5.2.6 ANÁLISIS ESTÁTICO 114

5.2.7 ANÁLISIS DINÁMICO 115

5.2.8 ACELERACIÓN ESPECTRAL 117

5.2.9 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN 119

6 CONCLUSIONES 127

7 RECOMENDACIONES 130

8 BIBLIOGRAFÍA 131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Micro localización y vista aérea del terreno 18
Figura 1-2: Vista del terreno 19
Figura 1-3: Plano Topográfico 21
Figura 1-4: Plano de planta del primer nivel 22
Figura 1-5: Plano de planta del segundo al sexto nivel 23
Figura 1-6: Plano de elevación 24
Figura 1-7: Plano de corte c-c 24
Figura 3-1: Planta de gran longitud (Fuente: Grases 1987) 36
Figura 3-2: Recomendación: Insertar juntas totales (Fuente: Grases 1987) 37
Figura 3-3: Ejemplos de plantas de forma irregular y su posible solución (Fuente: Arnold Y Reitherman, 1982) 37
Figura 3-4: Solución con rigizadores (Grases 1987) 38
Figura 3-5: Ángulo modificado en la zona de quiebre (Fuente: Arnold Y Reitherman, 1982) 38
Figura 3-6: Plantas regulares 38
Figura 3-7: Irregularidades verticales 39
Figura 3-8: Irregularidades verticales 39
Figura 3-9: Tanques para agua en el techo de un hospital (Fuente: Cardona 2004) 40
Figura 3-10: Rótulas plásticas en las columnas, diseño inadecuado “columna débil, viga fuerte (Fuente: http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/residente-3) 41
Figura 3-11: Los muros no están separadas de la columna mediante juntas (Fuente: http://www.cuevadelcivil.com/2016/03/efecto-columna-corta-cautiva.html) 41
Figura 3-12: Ejemplos de piso débil o blando 42
Figura 3-13: Planta de edificio irregular, columnas no alineadas (Fuente: EERI, 1999) 43
Figura 3-14: Rigideces laterales similares, dos planos resistentes a sismos 44
Figura 3-15: Rigideces laterales distintas. Un solo plano resistente a sismo 44
Figura 3-16: Núcleo de muros excéntricos, posible deformación por torsión debida a la excentricidad 45
Figura 3-17: Torsión y posibles soluciones (Fuente: Bachmann. 2003) 45
Figura 3-18: Edificación dañada severamente por los efectos de torsión, durante el terremoto de Chile 1985. La disposición de los muros generaron fuerte excentricidad entre los centros de masa y de rigidez (FEMA 454) 46
Figura 3-19: Problema de San Fernando California 1971, transición de columna (Fuente. Bertero, 1971) 46
Figura 3-20: Ausencia de Vigas (Fuente: EERI, 1999) 47
Figura 3-21: Cimentación superficial (fuente: http://saberingeniero.blogspot.pe/2014/07/con-los-pies-en-la-tierra-y-los.html) 48
Figura 3-22: Choque entre edificios, ciudad de México (Fuente: www.proteccioncivil.org 1985) 49
Figura 3-23: Licuefacción de suelo a causa del terremoto ocurrido en Niigata en 1964. (Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Licuefacci%C3%B3n_de_suelo) 49
Figura 3-24: Losa en dos direcciones 51
Figura 3-25: Losa armada en una dirección 51
Figura 3-26: Comportamiento de una viga (flexión) 53
Figura 3-27: Formas de placas 55
Figura 3-28: Detalle isométrico de la vigueta 56
Figura 3-29: Estructura celular 57
Figura 3-30: Casetones de poliestileno 58
Figura 3-31: Sistemas de entrepisos 59
Figura 3-32 Corte Longitudinal y transversal: 60
Figura 3-33: Isométrico de la losa aligerada con vigueta de acero 61
Figura 3-34: Dimensiones entre viguetas 61

Figura 3-35: Vigueta de acero sobre viga 61
Figura 3-36: Instalación de casetones 62
Figura 3-37: Detalle de sección de losa 62
Figura 3-38: Tendido de tuberías 63
Figura 3-39: Vaciado de concreto 63
Figura 3-40: Altura de losa según sobrecarga 64
Figura 3-41: Cargas que intervienen en una edificación 65
Figura 3-42: Sistema Dual 67
Figura 5-1: Losa nervada 75
Figura 5-2: Dimensiones de la losa 76
Figura 5-3: Esquema de una losa nervada y su sección equivalente 77
Figura 5-4: Sección de la losa nervada 77
Figura 5-5: Secciones equivalentes 78
Figura 5-6: Detalle de losa aligerada con viguetas de acero 79
Figura 5-7: Áreas tributarias 80
Figura 5-8: Acero corrugado 85
Figura 5-9: Regiones correspondientes a los factores de zona (Norma E.030) 86
Figura 5-10: Irregularidades de rigidez: caso de piso blando 95
Figura 5-11: Irregularidades de masa 95
Figura 5-12: Irregularidad geométrica vertical 96
Figura 5-13: Plano de elevación del proyecto 96
Figura 5-14: Desplazamientos 97
Figura 5-15: Entrantes y salientes 97
Figura 5-16: Discontinuidad de Diafragmas 98
Figura 5-17: Elementos no paralelos 98
Figura 5-18: Comparación de los periodos de vibración aplicados a los dos sistemas estructurales 120
Figura 5-19: Comparación entre los cortantes basales máximos de ambos sistemas en dirección X 121
Figura 5-20: Comparación entre los cortantes basales máximos de ambos sistemas en dirección Y 121
Figura 5-21: Comparación de los desplazamientos generados por sismo, en dirección X-X de ambos sistemas estructurales 122
Figura 5-22: Comparación de los desplazamientos generados por sismo, en dirección Y-Y de ambos sistemas estructurales 123
Figura 5-23: Comparación de las derivas generadas por el sismo en dirección X-X, de ambos sistemas estructurales 124
Figura 5-24: Comparación de las derivas generadas por el sismo en dirección Y- Y de ambos sistemas estructurales 125
Figura 5-25: Comparación de pesos de ambos sistemas estructurales 125

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1-1: VÍAS DE ACCESO 19
TABLA 5-1: PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS 80
TABLA 5-2: PESOS UNITARIOS 83
TABLA 5-3: CARGAR VIVAS MINIMAS REPARTIDAS 84
TABLA 5-4: CARGA VIVA DEL TECHO 84
TABLA 5-5: PROPIEDADES DEL ACERO 85
TABLA 5-6: PROPIEDADES DEL CONCRETO 85
TABLA 5-7: FACTOR DE USO 89
TABLA 5-8: FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL 90
TABLA 5-9 : FACTOR DE IRREGULARIDAD EN ALTURA 91
TABLA 5-10: FACTOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA 93
TABLA 5-11: FUERZAS DE ANÁLISIS ESTÁTICO (SISTEMA CONVENCIONAL) 114
TABLA 5-12: FUERZAS DE ANÁLISIS ESTÁTICO (SISTEMA VIGUETAS DE ACERO) 115
TABLA 5-13: PARTICIPACIÓN DE MASAS EN ABBAS DIRECCIONES (SISTEMA CONVENCIONAL) 116
TABLA 5-14: PARTICIPACIÓN DE MASAS EN AMBAS DIRECCIONES (SISTEMA CON VIGUETAS DE ACERO) 116
TABLA 5-15: PERIODOS DE VIBRACIÓN CORRESPONDIENTES A LOS TRES PRIMEROS MODOS, EN EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EN EL SISTEMA CON VIGUETAS DE ACERO 120
TABLA 5-16: CORTANTE BASAL EN DIR. “X” DE AMBOS SISTEMAS ESTRUCTURALES 121
TABLA 5-17: CORTANTE BASAL EN DIR. “Y” DE AMBOS SISTEMAS ESTRUCTURALES 121
TABLA 5-18: DESPLAZAMIENTOS GENERADO POR SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X DE AMBOS SISTEMAS 122
TABLA 5-19: DESPLAZAMIENTOS GENERADO POR SISMO EN LA DIRECCIÓN Y-Y DE AMBOS SISTEMAS 123
TABLA 5-20: DERIVAS GENERADAS POR EL SISMO EN DIRECCIÓN X – X DE AMBOS SISTEMAS 124
TABLA 5-21: DERIVAS GENERADAS POR EL SISMO EN DIRECCIÓN Y – Y DE AMBOS SISTEMAS 124
TABLA 5-22: PESOS DE LAS EDIFICACIONES CON AMBOS SISTEMAS SEGÚN PISOS 125

CAPÍTULO I

1 CONSIDERACIONES INICIALES DEL PROYECTO

1.1 UBICACIÓN

UBICACIÓN DEL PROYECTO Y DATOS DE LA I.E.P. "EUCLIDES"	
Departamento:	Huánuco
Provincia:	Huánuco
Distrito:	Pillcomarca
Localidad:	Cayhuayna Alta
Región Geográfica:	Costa ( ) Sierra (x) Selva ( )
Zona:	Urbana
Dirección	Calle sin nombre
Jurisdicción:	UGEL Huánuco
Resolución de Creación	1805 27 de dic 2010
Modalidad	Poli docente completo
Código Local:	064
Nivel:	Inicial, Primaria, Secundaria y Superior
Código Modular:	Inicial 1543578 Primaria 1347723 Secundaria 1347731

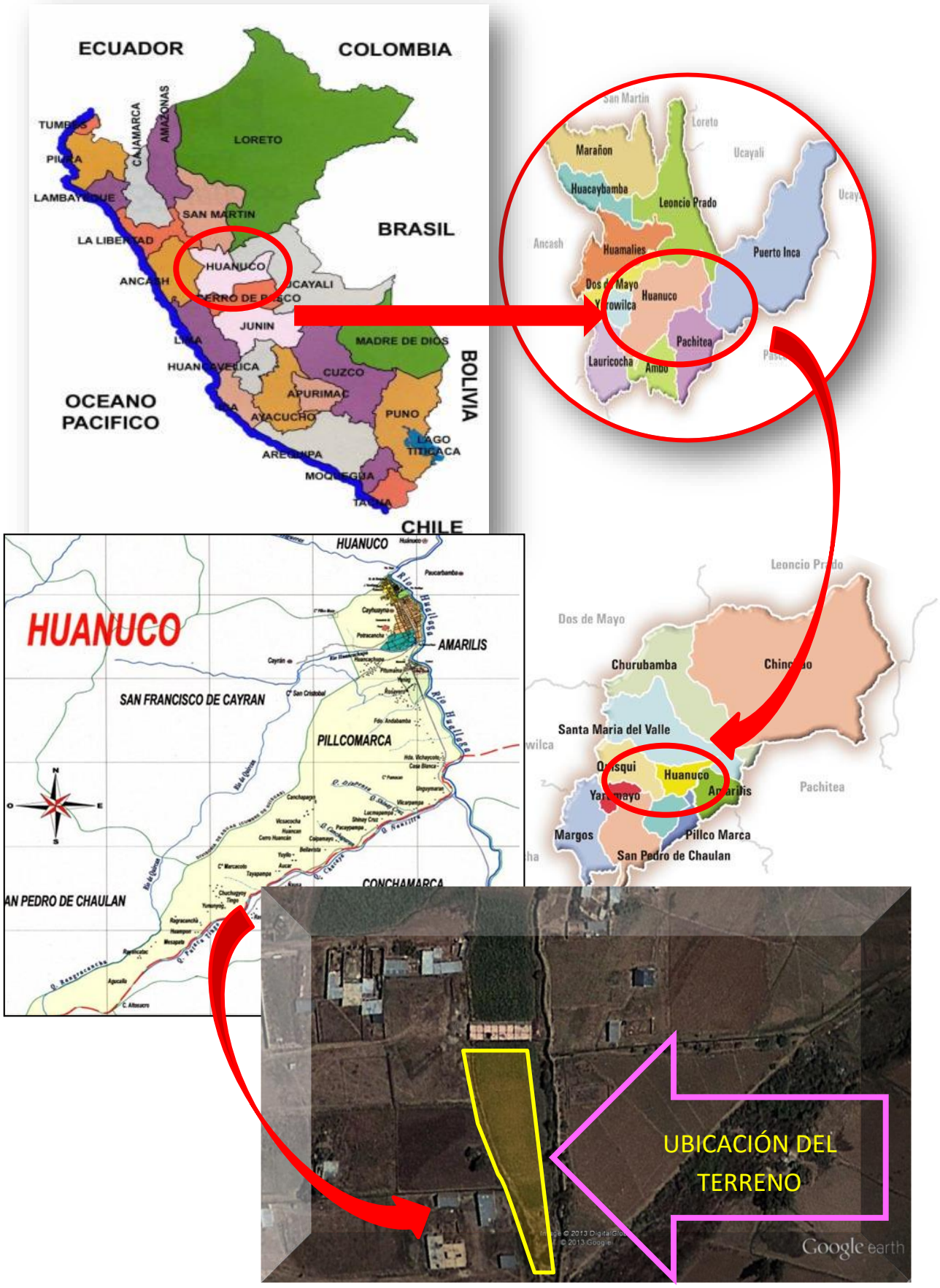


Figura 1-1: Micro localización y vista aérea del terreno

1.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Latitud : 10°58'37.31"S
Longitud : 76°14'34.34"O
Altitud : 2005 msnm
N : 8897098
E : 0362990

1.1.2 VÍAS DE ACCESO

Las vías de acceso al área del proyecto son a través de la carretera central asfaltada de Huánuco a Ambo, hasta llegar al cruce o desvió con el jirón Andres Garrido, de ahí se toma la Avenida Juan Velasco Alvarado hasta la altura de la Av. Primavera llegando a la Av. Ingeniería hasta llegar al lugar.

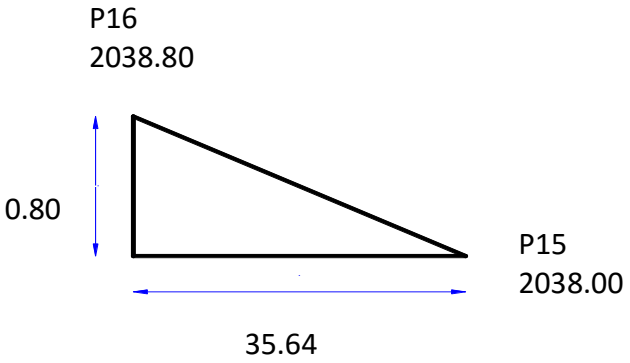
TABLA 1-1: VÍAS DE ACCESO

TRAMO		TIPO	DISTANCIA	TIEMPO	MEDIOS DE
DE	A		CUADRAS	(MINUTOS)	TRANSPORTE
Ovalo de Cayhuayna		Jr. A. Garrido	asfaltado	10	buses, autos
Jr. A. Garrido		Av. J. Velasco	afirmado	1	buses, autos
Av. Juan Velasco		Jr. Primavera	afirmado	3	autos camionetas
Jr. Primavera		Av. Ingeniería	afirmado	5	autos camionetas
Av. Ingeniería		al lugar	trocha	3	caminata

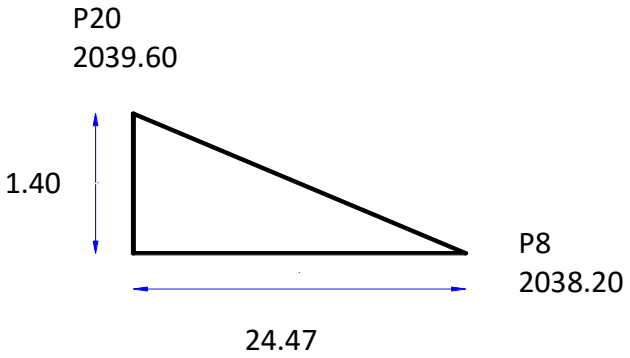
Figura 1-2: Vista del terreno

1.2 TOPOGRAFÍA

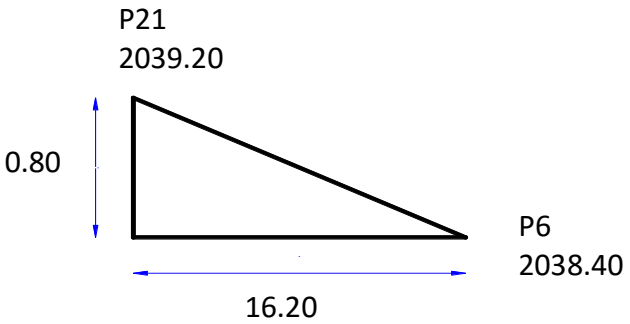
El plano topográfico con curvas nivel de la I.E.P. “Euclides” registrado en la Municipalidad de Pillcomarca presenta una pendiente promedio del 3.65 %, siendo inferior del 5%, por lo que la norma E-050 indica en el artículo 9 que bastará en estos casos hacer solo un levantamiento planimétrico.



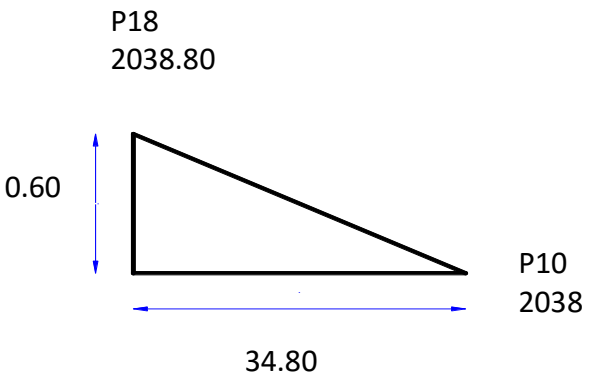
$$tg\emptyset = \frac{0.80}{35.64} * 100 = 2.24\%$$



$$tg\emptyset = \frac{1.40}{24.47} * 100 = 5.72\%$$



$$tg\emptyset = \frac{0.80}{16.20} * 100 = 4..94\%$$



$$tg\emptyset = \frac{0.60}{34.80} * 100 = 1.72\%$$

$$tg\emptyset(promedio) = \frac{14.62}{4} = 3.65\%$$

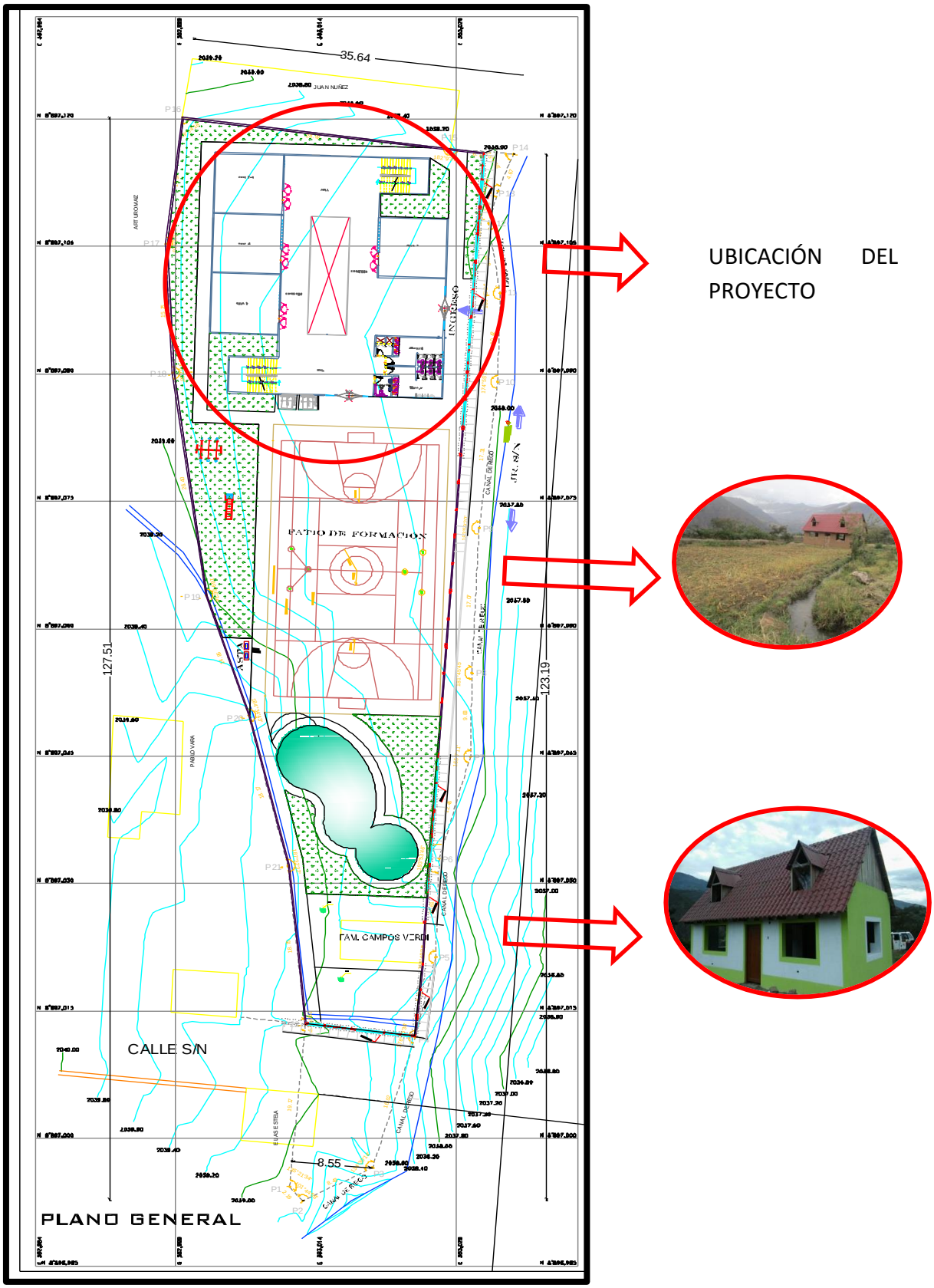


Figura 1-3: Plano Topográfico

1.3 PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Este edificio consta de 25 aulas y una sala de usos múltiples (SUM), La planta típica es rectangular de 25.20 m x 30.2 m, con área aproximadamente de 656m2 por piso. Las aulas tendrán un tabique de material liviano que puede ser removido. Además se tiene el corredor ubicado entre los ejes 2-3; un hall de ascensores escaleras entre A-B y D-E, edificio tiene una altura de aproximadamente 21 m, con una altura de piso a piso de 3.50 m. la batería de baños en todo los pisos ubicados en una misma línea vertical. En las figuras se pueden observar los planos de planta de piso típico, corte y elevación.

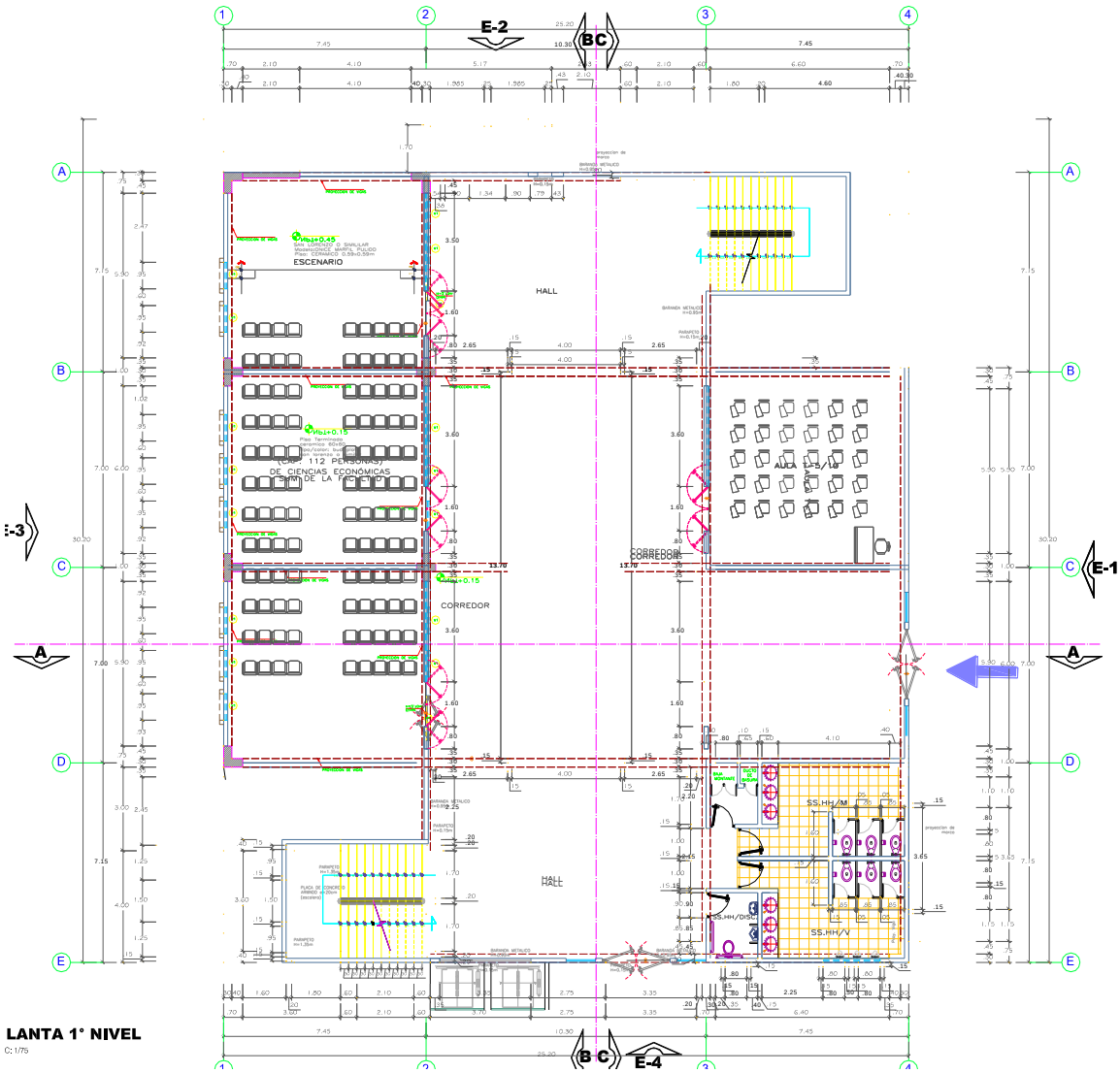


Figura 1-4: Plano de planta del primer nivel

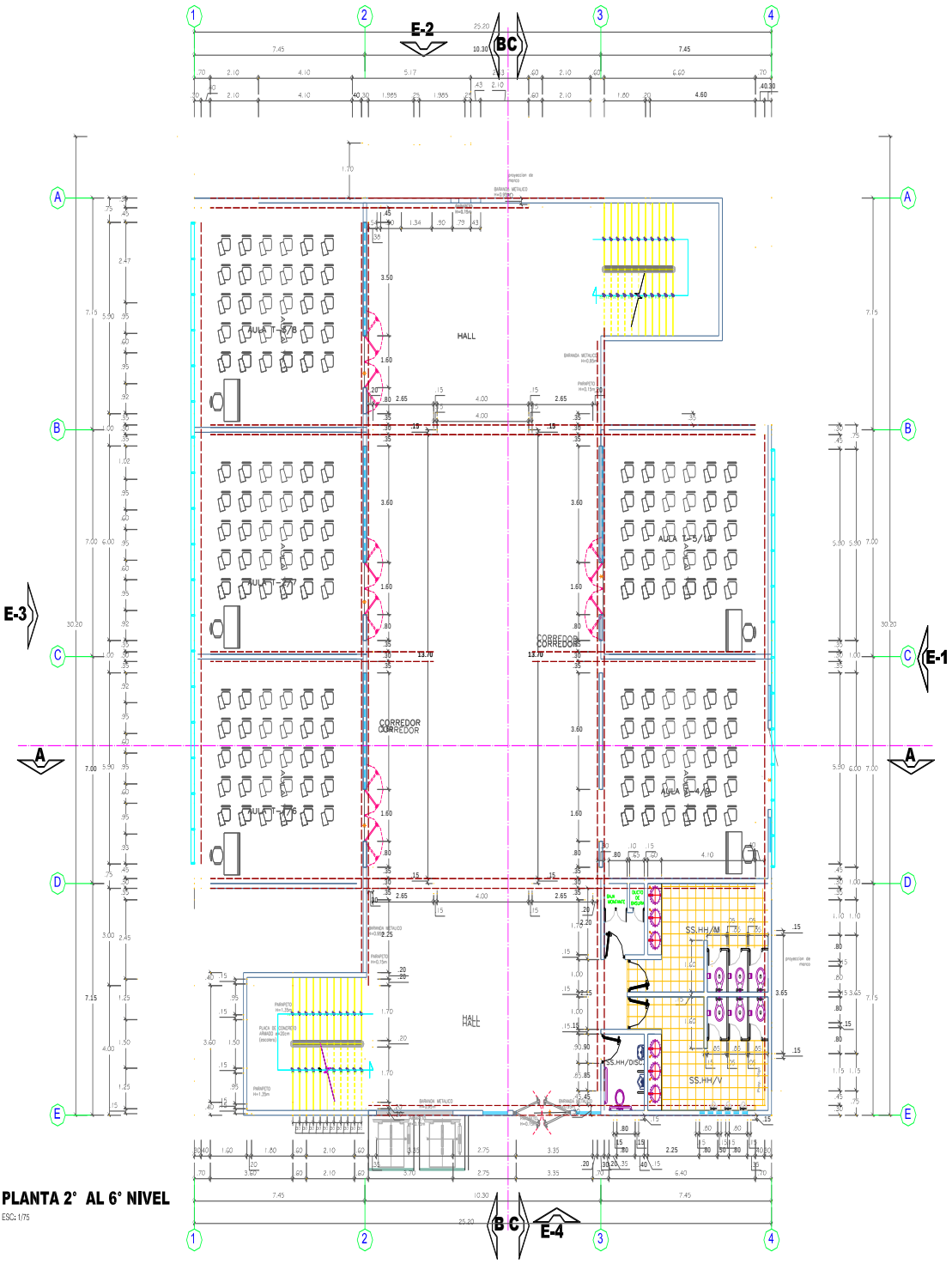


Figura 1-5: Plano de planta del segundo al sexto nivel

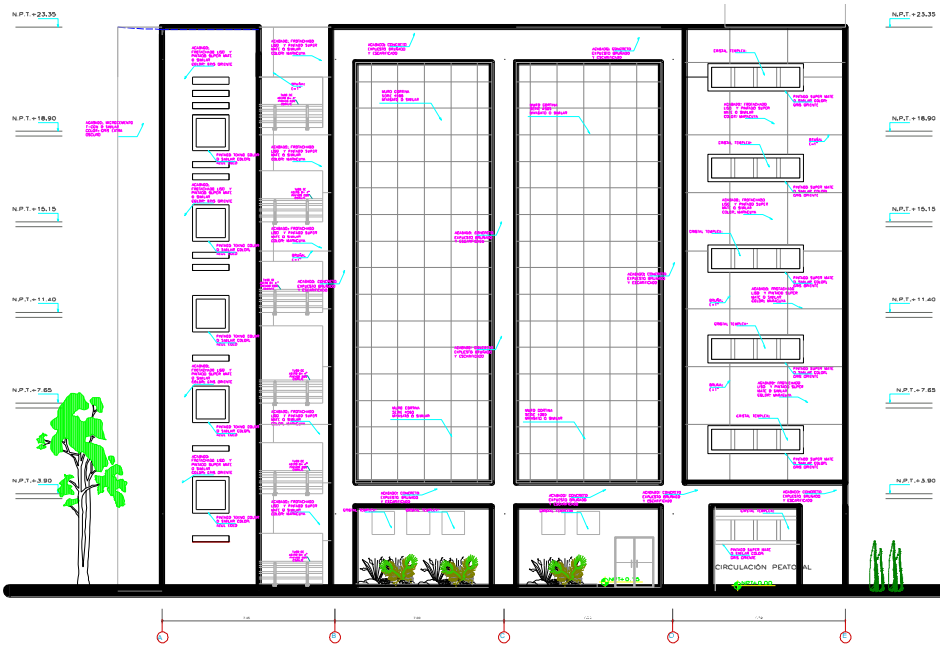


Figura 1-6: Plano de elevación

Figura 1-7: Plano de corte c-c

1.4 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Se hicieron tres calicatas (con 3m de profundidad) distribuidos en los dos extremos y uno en el centro, encontrándose dos estratos por cada calicata, no se detectó el nivel freático, a las profundidades exploradas.

En los trabajos de exploración se tomaron muestras representativas del suelo y estas fueron alteradas e inalteradas de tipo MAB y MIT. que fueron encapsuladas y llevadas al laboratorio de mecánica de suelos, para ser ensayados según la Norma Técnica Peruana (NTP) y la Standards de la American Society for Testing and Materials- Norma ASTM. Se realizaron los siguientes ensayos:

Contenido de Humedad Natural – NTP 339.127, NORMA ASTM D 2216.

Para determinar la cantidad de agua presente en la muestra, comparada con respecto a su peso seco, nos sirve para obtener una idea general del momento en el cual se realizaron las exploraciones geotécnicas, debido al efecto importante que tiene este contenido de agua en la influencia de la resistencia mecánica.

Análisis granulométrico por Tamizado - NTP 339.128, NORMA ASTM D 422.

Consiste en determinar la distribución de los granos del suelo que conforman la muestra obtenida de la calicata, en el laboratorio se realiza este ensayos con el material desde 0.0745mm (malla Nº200) hasta de 3´.

Límites de Consistencia (Límite Líquido, Plástico e índice Plástico) - NTP 339.129, NORMA ASTM D 4318,

El límite Líquido y Plástico, para determinar la consistencia del suelo respecto a su variación en el contenido de humedad, fluctuando entre líquido, plástico y semi-solido. El ensayo se realiza con el material menor a la malla Nº40.

Corte Directo - NTP 339.171, NORMA ASTM D 3080

Para la determinación de la resistencia al corte de una muestra de suelo, sometida previamente a un proceso de consolidación, cuando se le aplica un esfuerzo de cizalladura o corte directo mientras se permite un drenaje completo de ella.

Los suelos encontrados en la zona de estudio están conformados por dos estratos, clasificados según el sistema de clasificación SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos). Como suelos de tipo “SP” (E-1) arena mal graduada y “GP” (E-2) grava mal graduada

De acuerdo al análisis de capacidad de carga bajo consideraciones de solicitación estática la Capacidad Portante con su respectiva profundidad de desplante (Df) y los parámetros del suelo hallados, son los siguientes:

CALICATA	ESTRATO	ø	C	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (DF)	Qadm Kg/cm2	Ym:
C-1	E-2	36.95	0.0025	2.00	6.90	1.73
C-1	E-2	36.95	0.0025	2.50	8.10	1.73
C-2	E-1	32.45	0.1119	1.50	3.69	1.30
C-2	E-1	32.45	0.1119	1.80	4.01	1.30
C-3	E-2	34.69	0.039	2.00	5.44	1.67
C-3	E-2	34.69	0.039	2.50	5.75	1.67

Prevalecerá el menor valor de capacidad portante, Siendo este Qadm =5.44 Kg/cm2, y 5.75 Kg/cm2 a un profundidad de desplante de 2.00 mt y 2.50 mt, respectivamente y Qadm = 3.69 Kg/cm2, y 4.01 Kg/cm2 a un profundidad de desplante de 1.50 mt y 1.80 mt, respectivamente, por lo tanto se trata de un suelo rígido.

1.5 REGLAMENTOS

Se utilizaron los siguientes reglamentos:

E.020 Cargas

E.030 Diseño Sismorresistente

E.050 Suelos y cimentaciones

E.060 Concreto Armado.

CAPÍTULO II

2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento descontrolado y acelerado del sector de la construcción (ambientes de uso humano,) así como el aumento de la población estudiantil en los colegios privados a nivel nacional esto corroborado por el diario la Republica de circulación nacional del 31 de agosto del 2015 donde señala que "En 11 años casi se duplicó el número de alumnos de colegios privados……. Mientras que en el 2000 un 14% de estudiantes estaba en escuelas particulares, en el 2011 este llegó al 25%, según Hugo Díaz, presidente del Consejo Nacional de Educación (CNE), la comparación de las matrículas registradas entre el 2000 y 2014 arroja una disminución en el sector público, pero un crecimiento en el privado debido a que los ingresos de la población han aumentado y hay más personas que tienen poder de compra y de gasto en la educación, otra razón es que ha habido un desencanto en la escuela pública". a todo esto se suman el ausentismo o falta constante de los docentes, los conflictos con sindicatos , el recorte de clases, la segregación social, etc. por la que las familias optan por escuelas privadas para "resguardarse y estar entre iguales", los colegios públicos son vistos como focos de delincuencia para muchos padres de familia toda estas razones conlleva a construcciones de edificaciones de colegios privados donde alberga a un contingente de estudiantes, por lo que su diseño debe ser lo suficientemente seguro frente a cargas verticales y cargas por sismo por lo que es necesario aplicar los conocimientos y tecnologías adecuadas para dicho fin, tarea que los profesionales estructuralistas a través de sus cálculos y análisis tendrán que garantizar. Apelando al ingenio y al espíritu innovador que nos caracteriza emprendimos esta búsqueda de conocer si la aplicación de un nuevo sistema de losa aligerada con viguetas de acero mejora el comportamiento estructural de infraestructuras educativas, de este modo identificar y elegir el diseño estructural más adecuado.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida la incorporación de viguetas de acero en la estructura de concreto armado mejora el comportamiento estructural del edificio de aulas de la I.E.P. Euclides?

2.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿El análisis de la estructura de concreto armado verificará los requerimientos mínimos indispensables según el reglamento nacional de edificaciones?
- ¿Cuál será el comportamiento estructural del edificio de aulas de concreto armado y cuando a este se le incorpora viguetas de acero?
- ¿Cuál será la diferencia de los comportamientos estructurales antes y después de la incorporación de las viguetas de acero en la estructura de concreto armado?

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar que la incorporación de viguetas de acero en la estructura de concreto armado mejora el comportamiento estructural de edificios de aulas de la I.E.P “Euclides”

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la estructura de concreto armado del edificio de aulas de la I.EP. “Euclides” según normas.
- Establecer el comportamiento estructural de la estructura de concreto armado y cuando a este se le incorpora las viguetas de acero en losas aligeradas.
- Comparar y evaluar los comportamientos estructurales antes y después de la incorporación de las viguetas de acero en el edificio de concreto armado.

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS NULA

Ho: La incorporación de viguetas de acero en el diseño de concreto armado no mejora el comportamiento estructural del edificio de aulas de la I.E.P. Euclides.

2.4.2 HIPÓTESIS ALTERNA

Ha: La incorporación de viguetas de acero en el diseño de concreto armado mejora significativamente el comportamiento estructural del edificio de aulas.

H1: El diseño de la estructura de concreto armado verifica los requerimientos mínimos indispensables según el reglamento nacional de edificaciones.

H2: El comportamiento estructural del edificio de aulas de concreto armado cambia cuando a este se le incorpora viguetas de acero.

H3: La diferencia de los comportamientos estructurales antes y después de la incorporación de las viguetas de acero en el diseño de concreto armado será significativa.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

Incorporación de viguetas de acero en el diseño de concreto armado de edificios de aulas de la I.E.P. Euclides.

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Comportamiento estructural del edificio de aulas de la I.E.P. Euclides.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNID/ CATEGORÍA
Variable Independiente Incorporación de viguetas de acero en el diseño de concreto armado de edificios de aulas.	Pre dimensionamiento de elementos estructurales • Losas • Vigas • Columnas • Placas • Zapatas • Escaleras Metrado de cargas • Cargas muertas • Cargas vivas	• Altura • Base por altura • Área • Espesor • Área y profundidad • Espesor • Peso • Peso	• m • mxm • m^2 • m • m^2 y m • m • ton • ton
Variable Dependiente Comportamiento estructural del edificio de aulas	Análisis sísmico • Desplazamiento promedio e un centro de rotación (CR) • Parámetros sísmico • Aceleración espectral • Derivas • Cortante basal • Esfuerzos Resistencia Diagramas carga-desplazamiento. Rigidez Derivas	• Desplazamiento ---------- aceleración ---------- • Fuerza • Momentos flectores • Esfuerzos cortantes	• m • s/unid • m/ seg^2 • s/unid • kg • ton-m • ton • mm-kg • mm

2.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Contribuir con el uso de tecnologías nuevas para el diseño de estructuras técnicamente aceptables y acorde con la importancia de la misma, promoviendo una mejor respuesta antisísmica y resistencia de cargas por gravedad de la estructura, teniendo como razón de uso que el alumno no se vea afectado en su integridad física y minimizar los daños materiales. Todos tenemos la responsabilidad de contribuir desde diferentes ángulos para lograr dichos objetivos a este se suma un buen diseño estructural, estudio de suelos, supervisión de los materiales utilizados y los procesos constructivos adecuados.

El interés por investigar es dar a conocer el comportamiento que tendrán las infraestructuras educativas de concreto armado al aplicar viguetas de acero en las losas aligerada. A través de este trabajo investigativo se desea ampliar los conocimientos o dar a conocer e incentivar tanto a estudiantes como a profesionales la utilización de nuevos sistemas que ayuden a conseguir estructuras con buen desempeño estructural.

2.8 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es viable, pues se dispone de los recursos necesarios para llevarla a cabo ya que con la autorización del Gerente de la IEP Euclides se llevó acabo la apertura de las calicatas a cielo abierto para la obtención de las muestras que fueron llevadas al laboratorio de Mecánica de Suelos para ver la capacidad portante del suelo.

Así mismo la investigación es viable financieramente ya que fueron asumidos en su totalidad por mis propios peculios.

2.9 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

2.9.1 ALCANCE

El presente Trabajo de investigación es académico, tiene como entregable el análisis estructural de un edificio de aulas de concreto armado y el comportamiento estructural de este cuando se le incorpora

las viguetas de acero, siendo evaluados y comparados según las normas.

2.9.2 COSTO

Al ser un proyecto académico, el costo (recursos materiales y equipos) de la elaboración del presente documento, fueron asumidos por el titulando.

2.9.3 TIEMPO

El documento final estuvo sujeto a paquetes de actividades (entregables) las cuales están inmersas a un cronograma de actividades secuenciales con una duración estimada de seis meses.

2.9.4 CALIDAD

Está garantizada al proyectarse una estructura estable con características sismo-resistentes que cumplan las normas vigentes: la E-020, E-030, E-050 y E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO III

3 MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 A NIVEL INTERNACIONAL

Análisis del comportamiento estructural de edificaciones de acero sismo resistentes de gran altura, utilizando el sistema estructural Diagrid.

Presentada por: Julio Diéguez, Mauro Morón y Michele Casarin

Universidad Rafael Urdaneta-Maracaibo, estado Zulia. Venezuela - 2015

Conclusiones

El sistema estructural Diagrid representó la alternativa más óptima para la construcción de edificaciones de acero sismo resistentes de gran altura, debido a que permite un ahorro de material de hasta un 56%, manteniendo un comportamiento estructural eficaz. El sistema estructural Diagrid contó con una considerable rigidez lateral, superior al del sistema aporticado, brindando una mejor respuesta ante las cargas horizontales sísmicas y eólicas. Esto se demuestra gracias a los periodos de vibración, desplazamientos máximos y derivas inherentes a las estructuras, cuyos valores resultaron mucho más favorables que en aquellas que utilizaron el sistema aporticado. La configuración de los módulos triangulares del Diagrid en conjunto con las propiedades mecánicas del acero, permitió que la distribución de las cargas verticales y horizontales se efectuara de la manera más favorable. Asegurando la participación conjunta de todos los elementos estructurales que conforman el Diagrid, se generó una reducción de los esfuerzos a los que se encuentran sometidos cada uno de los miembros, lo que permitió optimizar la resistencia de la estructura y emplear miembros de menores dimensiones en comparación con el sistema aporticado. Por otro lado, el sistema estructural Diagrid demostró tener mayor capacidad de resistencia ante la acción sísmica, representada a

través del cortante basal, cuyos resultados fueron más favorables que los obtenidos en el sistema aporticado.

3.1.2 A NIVEL NACIONAL

Diseño estructural y comparación de una edificación multifamiliar de 06 niveles usando vigas peraltadas convencionales y una edificación utilizando vigas preesforzadas en diversos ambientes

Autor: Romero Mego, Andrés Oswaldo.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – UPC

Fecha: 9-jul-2016 16:25:36

Conclusiones

Los valores de los desplazamientos máximos actuantes obtenidos fueron de X desp =0.0019 e Y desp = 0.0024 siendo valores por debajo del permisible. En el presente caso, la norma E.030 indica que para elementos de concreto armado el valor máximo permisible en desplazamientos es de 0.007.

Después de obtener las fuerzas internas de los elementos estudiados gracias al software Sap2000 V14, se realizó el cálculo estructural con un diseño más preciso de los elementos. Con ayuda de los estudios universitarios y la norma E.060, se calcularon los elementos estructurales de la edificación. Se analizaron losas aligeradas en un sentido, losas macizas en dos sentidos, vigas principales, columnas de concreto, núcleos armados, placas y zapatas de concreto armado. Se verificaron los momentos flectores permisibles, los esfuerzos cortantes permisibles, las deflexiones máximas permisibles y la distribución de acero requerido para que cada elemento trabaje correctamente.

En el diseño de las placas, columnas y núcleos estructurales se optó por incorporar un cuadro de diseño por cada elemento y por cada piso. Esto es debido a que las fuerzas actuantes en los edificios son de mayor magnitud en los primeros pisos y va decreciendo en cuanto suben los niveles. Es por ello, se sabe que los elementos superiores

reciben menor magnitud de fuerza y se puede llegar a tener un refuerzo más eficaz reflejándose en mejor utilización de los recursos.

3.1.3 A NIVEL LOCAL

No se ha podido encontrar una investigacion similar

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 REQUISITOS PARA EL BUEN DESEMPEÑO ESTRUCTURAL

Toda estructura debe asegurar la vida de las personas así como los elementos que se encuentren dentro del edificio ante las cargas de gravedad y sísmica que actúan sobre él. Se deberán respetar los criterios estructurales, arquitectónicos y de las demás especialidades, de manera que resulte una estructura segura, funcional y económica. Los criterios adoptados para la realizar la estructuración del edificio son los siguientes:

a) Simplicidad y simetría

Las estructuras deben tener una geometría simple y lo más simétrica posibles, sin afectar la distribución de la arquitectura, ya que éstas se comportan mejor ante solicitaciones sísmicas y se evita los efectos torsionales, además que son más fáciles de idealizar y es posible predecir su comportamiento con un mayor nivel de precisión.

b) Resistencia

Toda estructura debe presentar una adecuada resistencia en ambas direcciones ante cargas por gravedad y sísmicas.

c) Hiperestaticidad y monolitismo

Toda estructura debe tener una disposición hiperestática de tal manera de lograr una mayor capacidad resistente, al permitir que la formación de rótulas plásticas disipe mejor la energía del sistema.

d) Continuidad de la estructura

La estructura debe ser continua tanto en planta como en elevación, evitando cambios bruscos en la rigidez de los elementos estructurales para evitar la concentración de esfuerzos.

e) Rigidez lateral

las solicitaciones sísmicas se presentan como cargas laterales hacia la estructura, por lo que generan deformaciones laterales que producen el daño de la misma, por lo tanto se debe rigidiza la estructura usando muros estructurales de longitudes considerables según diseño y en ambas direcciones

f) Diafragma rígido

Las losas deben ser rígidas en su plano, de tal manera que permita considerar a la estructura como una unidad con desplazamientos compatibles entre sí. De tal manera que se puedan transmitir las fuerzas de inercia a los elementos resistentes, tales como pórticos y muros estructurales.

3.2.2 CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE

3.2.2.1 Problemas de configuración en planta

Son problemas referentes a la distribución del espacio y la forma de la estructura en el plano horizontal.

- **Longitud en planta**

La longitud en planta de una edificación, influye en la respuesta estructural ante la transmisión de ondas en el terreno producidas por el movimiento sísmico. A mayor longitud en planta empeora el comportamiento estructural, debido a que la respuesta de la estructura ante dichas ondas puede diferir considerablemente de un punto de apoyo a otro de la misma edificación. (Grases et al. 1987). Los edificios largos son más propensos a tener problemas debido a las componentes torsionales del movimiento del terreno.

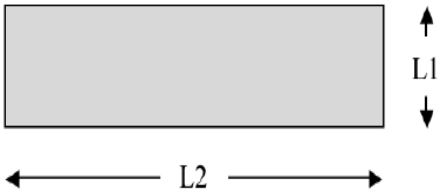


Figura 3-1: Planta de gran longitud (Fuente: Grases 1987)

Para solucionar dicho problema se insertan juntas totales, de tal manera que cada una de las estructuras separadas se trate como una estructura corta (Grases et al. 1987). Estas juntas deben ser diseñadas para que no se produzcan choques entre las partes separadas, a consecuencia del movimiento independiente de cada una

Figura 3-2: Recomendación: Insertar juntas totales (Fuente: Grases 1987)

Recomendaciones prácticas:

LMAX = 40 metros

L2/L1 ≤ 2.3

Si L2/L1 > 2.3, se recomienda insertar al menos una junta total

- **Forma de la planta**

La forma de la planta influye en la respuesta de la estructura ante la concentración de esfuerzos generada en ciertas partes, debido al movimiento sísmico. Los sitios más vulnerables son los ángulos de quiebre entre partes de la estructura, cuyo problema se puede resolver colocando apropiadamente las juntas totales mencionadas en el párrafo anterior. Algunos ejemplos de este caso y su posible solución se muestran a continuación.

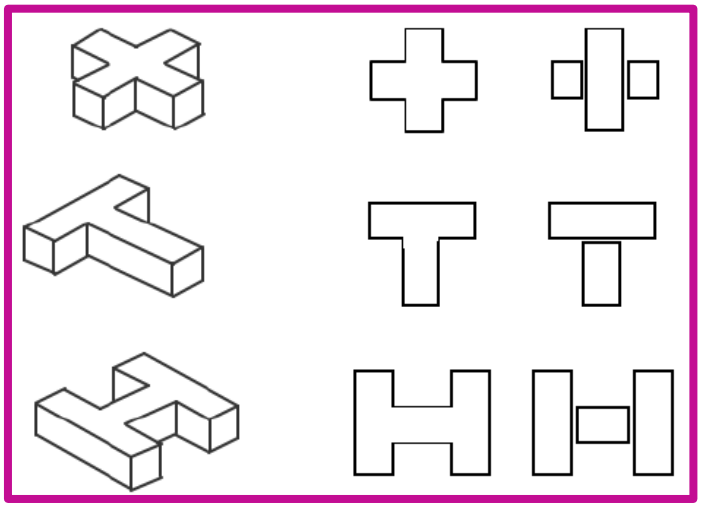


Figura 3-3: Ejemplos de plantas de forma irregular y su posible solución (Fuente: Arnold Y Reitherman, 1982)

Otras posibles soluciones para aminorar el problema son:

• Colocar elementos rigidizadores en las plantas en forma de “H” y “U”

Figura 3-4: Solución con rigizadores (Grases 1987)

• Modificar ligeramente la sección para suavizar el ángulo en la zona de quiebre

Figura 3-5: Ángulo modificado en la zona de quiebre (Fuente: Arnold Y Reitherman, 1982)

En las normas E-030 de diseño sismo resistente se limitan los salientes o entrantes en 20 %

Si L1 < 0.20 L se puede considerar como una planta regular. Esta consideración es aplicable a las plantas en forma de “E, T, L, H, entre otras.

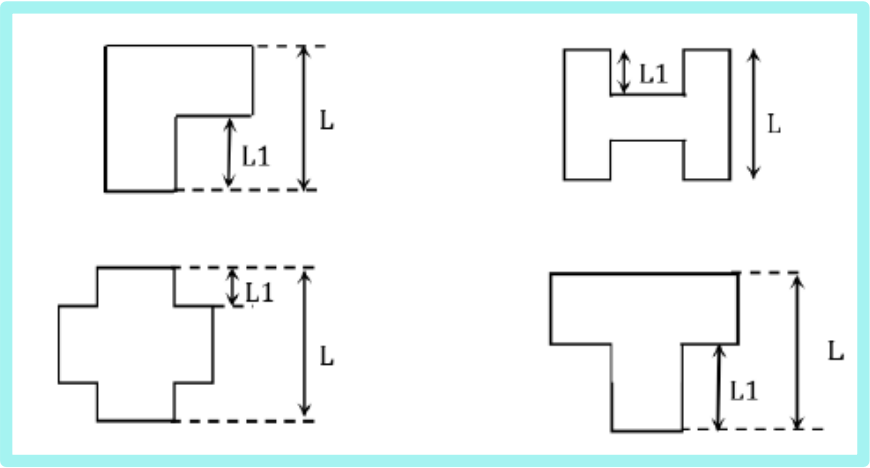


Figura 3-6: Plantas regulares

3.2.2.2 Problemas de configuración vertical

Son problemas referentes a las irregularidades verticales que al estar presentes en las edificaciones, ocasionan cambios bruscos de rigidez y masa entre pisos consecutivos, lo que se traduce en fuertes concentraciones de esfuerzos Deben evitarse, en lo posible, los escalonamientos y tratar que los cambios de un nivel a otro sean lo más suaves posibles, sobre todo en edificaciones tan importantes como hospitales y centros de salud. (Grases et al. 1987; Arnold & Reitherman, 1982)

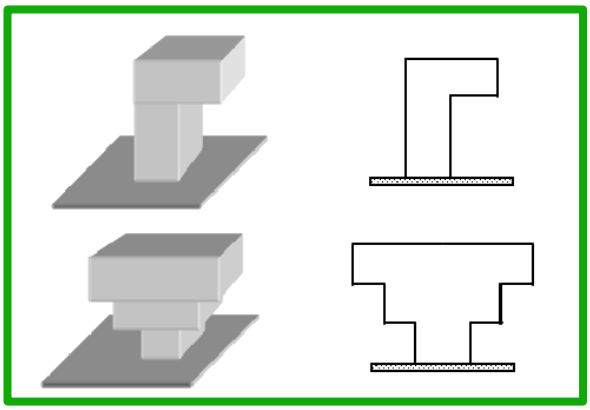


Figura 3-7: Irregularidades verticales

Según la norma E-030 la dimensión en planta de la estructura a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. (ICG, Noviembre, 2014)

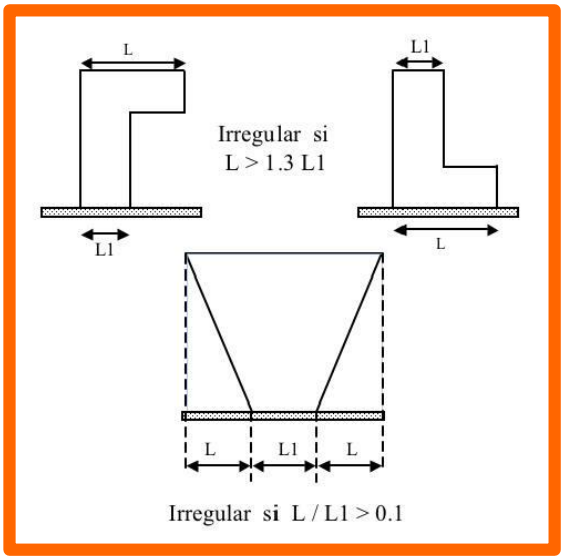


Figura 3-8: Irregularidades verticales

3.2.2.3 Concentraciones de masa

Esto se refiere a problemas ocasionados por concentraciones de masa en algún nivel de la edificación, al colocar elementos de gran peso como equipos, tanques piscinas, archivos, depósitos, entre otros. Debido al hecho de que el problema se agrava si dicha concentración se localiza en los pisos más elevados ya que a mayor altura, mayor aceleración sísmica de respuesta, se recomienda colocarlos en sótanos o en construcciones aisladas cercanas al edificio, para evitar el efecto de péndulo invertido (Cardona, 2004).

Figura 3-9: Tanques para agua en el techo de un hospital (Fuente: Cardona 2004)

3.2.2.4 Columnas débiles

Las columnas son de vital importancia dentro del sistema estructural, debido a que transmiten las cargas a las cimentaciones y mantienes al edificio en pie.

Si bien en el diseño sismo resistente se tolera cierto nivel de daños, se debe prever que si éstos aparecen es preferible que sea en las vigas y no en las columnas. En la viga se genera una falla “local” que afecta principalmente al piso afectado. En la columna la falla afecta a toda la estructura, pudiendo ocasionar el colapso de la misma. El diseño ideal es “Columna fuerte – Viga débil”, en el cálculo se debe verificar que el momento resistente total en la columna dividido entre el de las vigas sea mayor o igual a 1,20.

Figura 3-10: Rótulas plásticas en las columnas, diseño inadecuado “columna débil, viga fuerte (Fuente: http://es.slideshare.net/freddyramirofloresvega/residente-3)

3.2.2.5 Columnas cortas

Cuando los muros no estructurales no son separados de la estructura principal produciéndose concentraciones de esfuerzos en los extremos

La falla se debe al hecho de que las columnas de un mismo nivel presentan similar desplazamiento lateral durante un sismo, sin embargo al ser las columnas cortas más rígidas absorben mucha más fuerza lateral (Bachmann, 2003).

Figura 3-11: Los muros no están separadas de la columna mediante juntas (Fuente: http://www.cuevadelcivil.com/2016/03/efecto-columna-corta-cautiva.html)

3.2.2.6 Pisos blandos

Algunos sistemas arquitectónicos conllevan a la formación de pisos cuya rigidez y/o resistencia es significativamente menor que la del resto de los niveles, haciéndolos más vulnerables. Esto se puede atribuir a la diferencia de altura entre pisos consecutivos o a la ausencia de algún elemento estructural. La ausencia o falta de continuidad de columnas, ha sido una causa de muchos colapsos de estructuras sometidas a movimientos sísmicos. (Grases et al. 1987; Arnold & Reitherman, 1982)

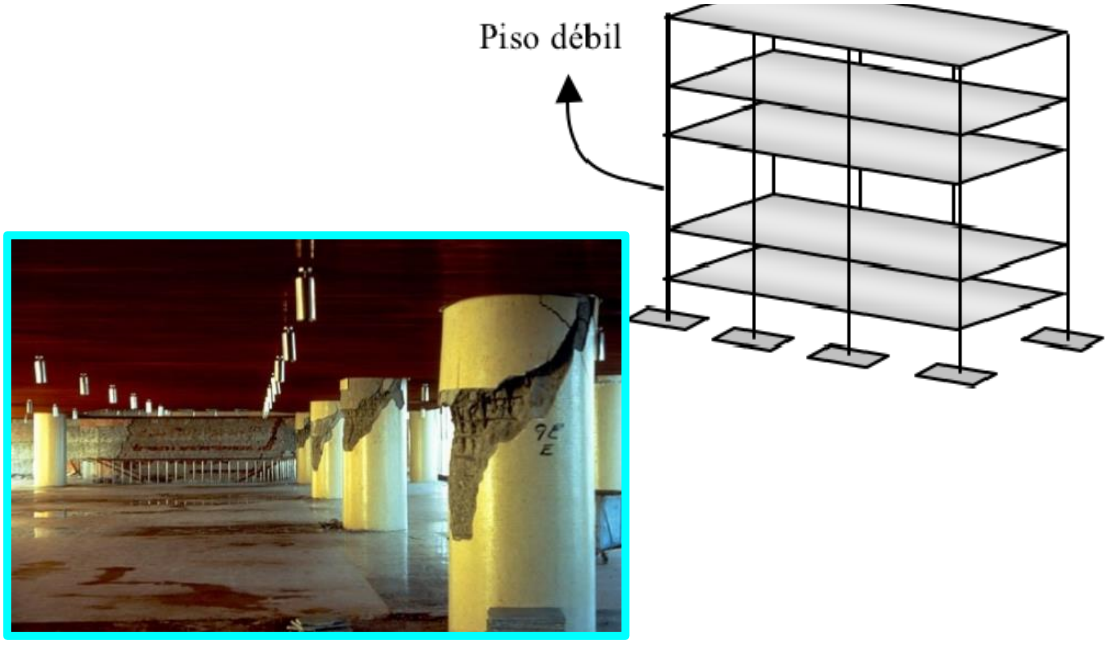


Figura 3-12: Ejemplos de piso débil o blando

3.2.2.7 Excesiva flexibilidad estructural

Las edificaciones excesivamente flexibles, son más susceptibles a sufrir grandes desplazamientos laterales entre niveles consecutivos, por el movimiento debido a fuerzas sísmicas.

A dichos desplazamientos relativos se les conoce como “deriva” y deben ser controlados en el diseño según las especificaciones normativas. (Grases et al. 1987; Arnold & Reitherman, 1982)

Las principales causas de la flexibilidad estructural son:

• Excesiva distancia libre entre elementos verticales (luces o vanos)

• Altura libre entre niveles consecutivos

• Poca rigidez de elementos verticales

• Discontinuidad de elementos verticales

3.2.2.8 Discontinuidad del diafragma

Si el diafragma presenta aberturas para iluminación, ventilación, entre otras, cuya área sea mayor al 50 % del área total, se pueden presentar dentro de él zonas flexibles que afectan la conexión rígida entre elementos verticales. Una forma de solucionar este problema es colocar adecuadamente elementos rigidizadores en las aberturas.

3.2.2.9 Columnas no alineadas

Cuando varias de las columnas no están alineadas con los ejes predominantes de la estructura, se dice que no existe claridad estructural

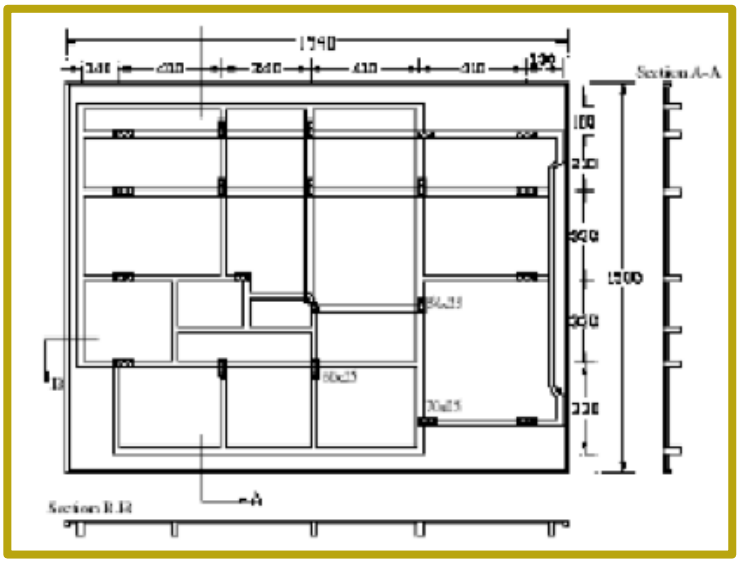


Figura 3-13: Planta de edificio irregular, columnas no alineadas (Fuente: EERI, 1999)

Esto impide que se puedan determinar con mayor precisión las acciones sobre los elementos de la estructura. Además se introducen efectos secundarios en el diafragma, que producen agrietamiento por concentración de esfuerzos (Arnold & Reitherman, 1982).

3.2.2.10 Dirección poco resistente a fuerzas horizontales

En general debe alternarse la orientación de los elementos verticales, para que las rigideces laterales sean similares (Grases et al. 1987).

Cuando la menor dimensión de todas o la mayoría de las columnas rectangulares de una edificación se encuentran orientadas en la misma dirección, ésta es poco resistente a fuerzas horizontales debido a sismo

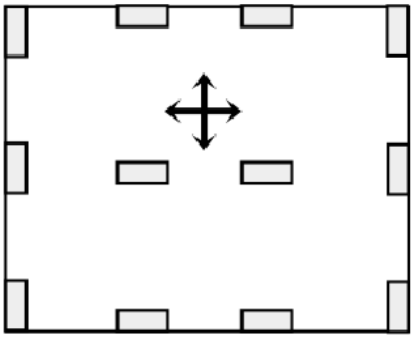


Figura 3-14: Rigideces laterales similares, dos planos resistentes a sismos

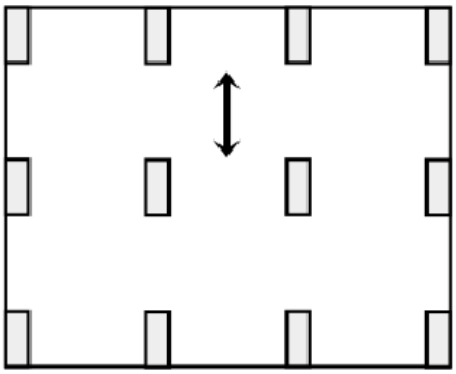


Figura 3-15: Rigideces laterales distintas. Un solo plano resistente a sismo

3.2.2.11 Torsión

La torsión ha sido la causa de importantes daños y colapso de edificaciones sometidas a fuertes movimientos sísmicos. Se presenta por la excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez. Cuando en una configuración, el centro de masa coincide con el centro de rigidez, se dice que existe simetría estructural. A medida de que el edificio sea más

simétrico, se reducirá su tendencia a sufrir concentraciones de esfuerzos y torsión, y su comportamiento ante cargas sísmicas será menos difícil de analizar y más predecible.

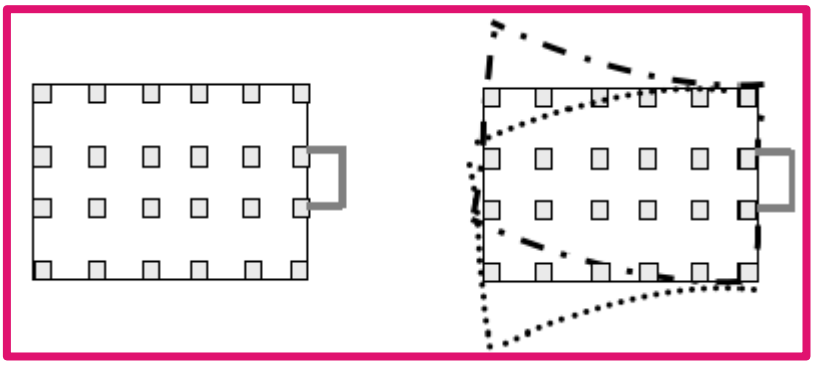


Figura 3-16: Núcleo de muros excéntricos, posible deformación por torsión debida a la excentricidad

A continuación se muestran algunos ejemplos y su posible solución (Bachmann, 2003; Grases et al. 1987):

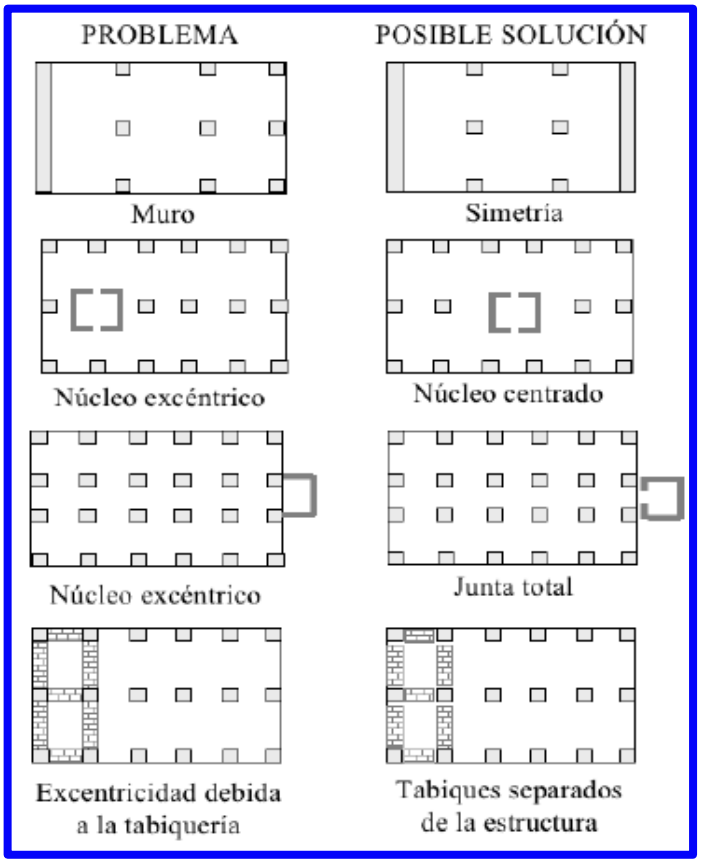


Figura 3-17: Torsión y posibles soluciones (Fuente: Bachmann. 2003)

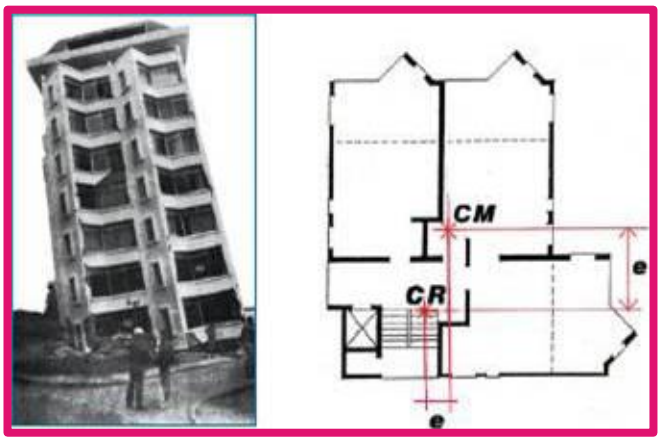


Figura 3-18: Edificación dañada severamente por los efectos de torsión, durante el terremoto de Chile 1985. La disposición de los muros generaron fuerte excentricidad entre los centros de masa y de rigidez (FEMA 454)

3.2.2.12 Transición en columnas

Cuando columnas de niveles adyacentes varían bruscamente de forma, se generan grandes esfuerzos y se presentan problemas de discontinuidad del acero longitudinal, ocasionando fallas en los nodos.

En las fotografías mostradas se puede observar que la columna del piso superior es de sección rectangular y su acero longitudinal se encuentra por fuera de la columna inferior, que es de sección circular .El problema de transición generó una articulación en el nodo incapaz de transmitir momentos, lo cual convirtió la estructura en inestable ante cargas laterales.

También se puede apreciar una falla por cortante en la columna superior.

Figura 3-19: Problema de San Fernando California 1971, transición de columna (Fuente. Bertero, 1971)

3.2.2.13 Ausencia de vigas

Los sistemas estructurales formados por losas y columnas (sin vigas), presentan un pobre desempeño ante eventos sísmicos. La columna actúa como un punzón ocasionando daños severos en la losa. En la figura se muestran estructuras ubicadas en Kocaeli-Turkía, dañadas en el sismo del agosto de 1999. Los sistemas presentan losas de espesores entre 8 y 12 cm y vanos (luz libre) mayores a 4 m (EERI, 1999).

Figura 3-20: Ausencia de Vigas (Fuente: EERI, 1999)

3.2.2.14 Poca cuantía de refuerzo transversal

La función del refuerzo transversal, estribo o ligadura, es soportar fuerzas cortantes, garantizar el adecuado confinamiento del concreto e impedir el pandeo del refuerzo longitudinal. Cuando se presenta mal armado del refuerzo transversal, el diámetro del acero es insuficiente o están muy separadas, se evidencian daños en los elementos estructurales.

3.2.2.15 Cimientos inadecuados

La cimentación de una edificación es la base sobre el cual ésta se apoya de forma adecuada y estable sobre el terreno. Es imprescindible, para toda obra de ingeniería, realizar un estudio de suelos por expertos en el área. Dicho estudio dependerá de la altura, peso y uso de la edificación.

Evidentemente, escoger el tipo de cimentación adecuado dependerá de las características de la estructura, del estudio de suelos y la actividad sísmica probable de la zona.

El sistema de fundación deberá ser capaz de transferir al suelo las acciones sísmicas y gravitatorias, sin que supere la capacidad portante de éste, correspondiente al nivel de excitación sísmica previsto y sin que se produzcan movimientos relativos entre los elementos de fundación que puedan originar deformaciones inaceptables en la estructura. Los desplazamientos relativos que eventualmente pueden sufrir los distintos elementos de fundación, deberán ser tales que no comprometan la estabilidad y funcionalidad de la estructura. En la Figura se muestra el volcamiento de un edificio cuya fundación superficial resultó inadecuada al momento del sismo.

Figura 3-21: Cimentación superficial (fuente: http://saberingeniero.blogspot.pe/2014/07/con-los-pies-en-la-tierra-y-los.html)

3.2.2.16 Problemas colaterales

3.2.2.16.1 Choque entre edificaciones

Esto ocurre cuando el movimiento de un edificio, durante el sismo, queda impedido por otro muy cercano y, en general, más rígido. Al chocar se generan fuerzas cortantes en las columnas golpeadas. Es conveniente crear amplias juntas totales entre edificios de diferentes alturas, para que puedan oscilar de forma distinta durante un movimiento sísmico y evitar así el choque violento entre ellos.

Figura 3-22: Choque entre edificios, ciudad de México
(Fuente: www.proteccioncivil.org 1985)

3.2.2.16.2 Efectos indirectos

Los efectos locales indirectos como licuefacción, asentamientos, deslizamientos y avalanchas, pueden ser causa de importantes daños en estructuras, ocasionando en muchos casos pérdidas humanas. La licuefacción es un fenómeno que se produce en terrenos blandos saturados de agua, durante movimientos sísmicos fuertes y prolongados.

Debido a las vibraciones sísmicas, el suelo se comporta como un fluido. Las edificaciones se hunden y/o vuelcan bajo los efectos de la licuefacción.

Figura 3-23: Licuefacción de suelo a causa del terremoto ocurrido en Niigata en 1964.
(Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Licuefacci%C3%B3n_de_suelo)

3.2.2.16.3 Calidad de los materiales y procesos constructivos

Cumplir con las normas sismo-resistentes vigentes, no es suficiente para garantizar el buen desempeño de las obras de ingeniería, la calidad de los materiales utilizados y el adecuado proceso constructivo, son fundamentales para que el comportamiento de la edificación sea lo más cercano al de diseño.

3.2.3 COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los elementos estructurales principales en una edificación son las losas, vigas, columnas, placas, escaleras y la cimentación

3.2.3.1 Losas

Las losas tienen dos funciones principales desde el punto de vista estructural, la primera ligada a las cargas por 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 obtención de la unidad de la estructura de manera que esta tenga un comportamiento uniforme en cada piso, logrando que las columnas se deformen una misma cantidad de cada nivel.. (Blanco Blasco, 1994)

Dada las dimensiones de las losas de una edificación se puede considerar prácticamente indeformable en su plano por lo que en los análisis se habla de que la losa es un diafragma rígido.

Las losas frente a cargas de gravedad y teniendo 4 apoyos en sus bordes, formado por vigas peraltadas o muros de corte se podrá indicar que ella tendrá tracciones en la zona central en las dos direcciones ya que la deformada de la losa será en sus dos direcciones y como el acero de refuerzo se usa principalmente para absorber esfuerzos de tracción que el concreto no puede resistir, deberá colocarse en las dos direcciones teniendo así la denominada losa armada en dos direcciones.

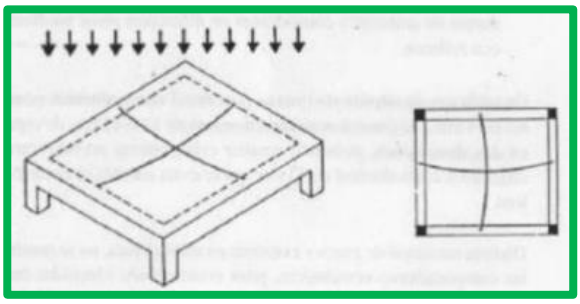


Figura 3-24: Losa en dos direcciones

A medida que vayamos variando una de las longitudes se puede apreciar que el lado de longitud corta se hace más importante que la otra puesto que existirá una zona hacia el centro de la dirección larga, donde no habrá curvatura que origine esfuerzos por lo tanto se armará en una dirección, debiendo colocarse los refuerzos en la dirección larga solo en los extremos. En el diseño de losas se considerará que cuando un lado es mayor o igual al doble del otro, basta con armarla en la dirección corta colocándose para la dirección larga solamente un refuerzo mínimo por efectos de temperatura y/o contracción de fragua

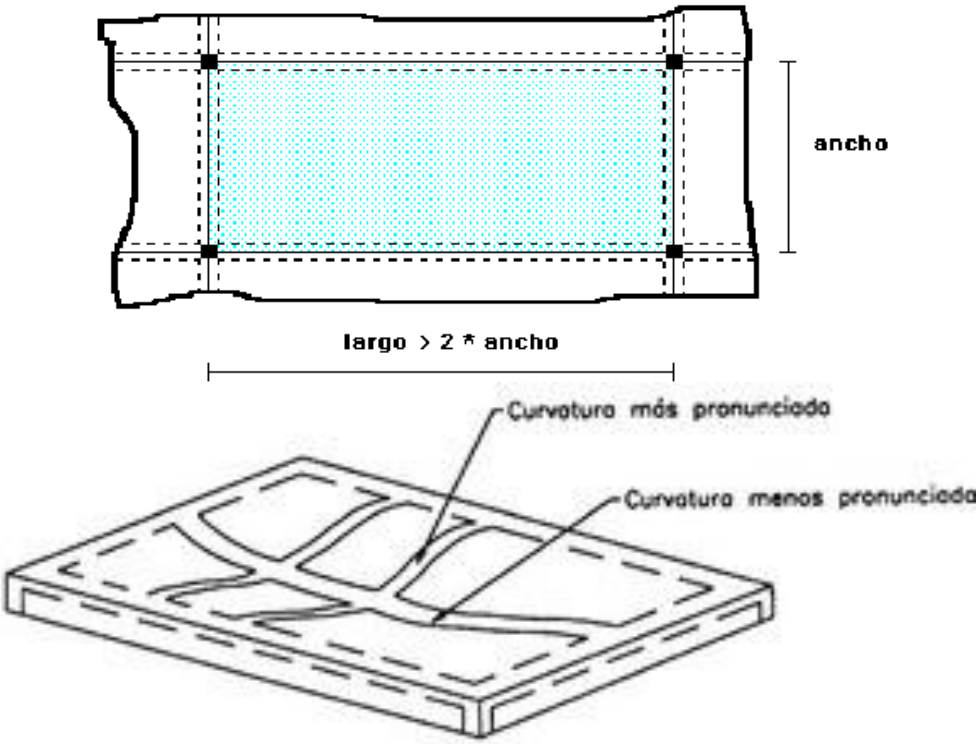


Figura 3-25: Losa armada en una dirección

3.2.3.1.1 Tipos de losas: Las losas se pueden subdividir en

- Losas macizas: tienen un determinado espesor íntegramente de concreto armado
- Losas nervadas: Tienen nervios o viguetas cada cierta distancia, unidas por una losa maciza superior más delgada.
- Losas Aligeradas: son en esencia losas nervadas , pero tienen como diferencia, que el espacio existente entre las nervaduras o viguetas este relleno por un ladrillo aligerado (con espacios vacíos tubulares)

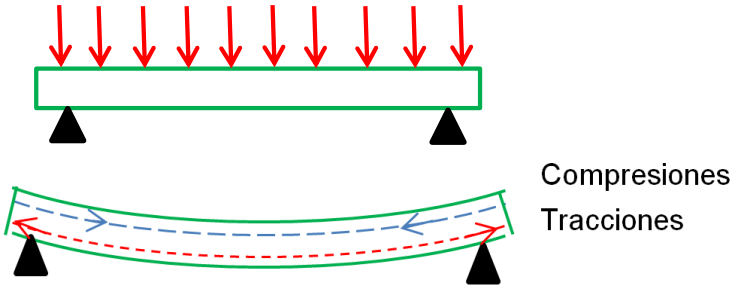
3.2.3.2 Vigas

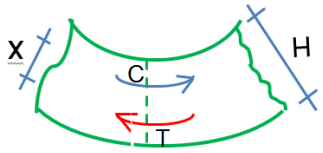
Son los elementos que reciben las cargas de las losas y las transmiten hacia las columnas o muros. Constituye junto con las columnas y muros los elementos resistente a los diferentes esfuerzos producidos por las fuerzas horizontales de sismo (cortantes, momentos y axiales), ayuda a proporcionar rigidez lateral.

Las vigas pueden ser peraltadas o chatas depende de su altura o peralte, las vigas peraltadas son las que tienen una altura mayor al espesor del techo y es visible.

Las diferencias entre una viga peraltada y una viga chata comprenden su capacidad resistente por flexión y cortante y su capacidad de deformación (rigidez y flexibilidad).una viga peraltada se deformará menos y tendrá mayor capacidad resistente que una viga chata debida a su mayor inercia y a su mayor brazo de palanca interno.

El comportamiento en flexión de una viga origina esfuerzos de compresión y tracción. Estas fuerzas internas están espaciadas una cierta distancia que será mayor mientras mayor sea el peralte de la viga.





$$Momento\ resistente = Fuerza\ x\ distancia$$

$$= Compresión\ x\ X$$

X depende de H

= Tracción x X

A mayor H mayor momento resistente

Figura 3-26: Comportamiento de una viga (flexión)

El problema de la deformación también depende en forma muy importante del peralte, debido a que la deflexión de una viga es inversamente proporcional a la inercia (momento de inercia) de la sección, y esta depende del cubo del peralte.

Si tuviéramos por ejemplo la viga de 25 cm de ancho por 50 cm de peralte y otra de 50 cm de ancho por 25 cm de peralte, y si recibieran la misma carga y tuvieran la misma luz, las deflexiones estarían en la siguiente proporción:

Viga 25 x 50

$$I = \frac{25\ x\ 50^3}{12} = 260416cm^3$$

Viga 50 x 25

$$I = \frac{50\ x\ 25^3}{12} = 65104cm^3$$

$$Relación\ de\ inercias = \frac{260416}{65104} = 4$$

Por lo tanto la deflexión de la viga chata será 4 veces más grande que la de la peraltada indicada. (Blanco Blasco, 1994)

Dos pórticos con iguales características solo cambiamos la sección de la viga encontramos que el pórtico con viga de mayor peralte se deformará lateralmente menos que el de la viga chata o menos peraltada.

El objetivo primordial de proporcionar rigidez y resistencia en las dos direcciones de la edificación se puede lograr considerando vigas de adecuada sección en las dos direcciones y recurriéndose además a columnas y placas convenientes ubicadas en planta.

3.2.3.3 Columnas

Son elementos verticales que reciben cargas de las losas y vigas para luego transmitirlos hacia la cimentación. Las columnas forman el esqueleto sismo resistente conjuntamente con las vigas y las placas. Las columnas son elementos sometidas a esfuerzos de flexo compresión, debido a que tienen momentos flectores transmitidos por las vigas y reciben las cargas axiales de los diferentes niveles de la edificación. La sección transversal de la columna dependerá de la magnitud de la carga vertical que recibe y de la magnitud de los momentos flectores actuantes.

Las columnas ven afectadas su resistencia debido a los efectos de esbeltez, estos afectan, produciendo deformaciones transversales y momentos que afectan la capacidad resistente de las columnas. Mientras mayor sea la altura de la columna o menor su sección transversal, mayores serán las deformaciones transversales y por tanto mayores los momentos adicionales. Cuando se usan columnas rectangulares los efectos de esbeltez son más críticos en la dirección de menor espesor, no siendo recomendables espesores menores de 25 cm.

El objetivo principal debe ser proporcionar rigidez y resistencia en las dos direcciones de la edificación, para lo cual debemos tener algunas columnas peraltadas en una dirección y otras en la dirección perpendicular y recurrir al uso de placas. (Blanco Blasco, 1994)

3.2.3.4 Placas,

Son paredes de concreto armado que dada su mayor dimensión en una dirección, muy superior a su ancho, proporciona rigidez y resistencia en esa dirección. Al igual que una columna reciben cargas de losas y vigas para después transmitirla a la cimentación y reciben momentos de estas.

Uno de los principales problemas de las fuerzas horizontales de sismo son las excesivas deformaciones horizontales, cuando un edificio es muy flexible (es decir tiene deformaciones laterales importantes), generan mayores problemas durante un sismo, como son mayor efecto de pánico en sus ocupantes, posibles choques con edificaciones vecinas, mayor

posibilidad de rotura de vidrios, posibles choques con edificaciones vecinas, desprendimiento de cornisas, enchapes y parapetos, mayores fisuras en tabiques de albañilería, mayores efectos de esbeltez en columnas, etc. Frente a estos problemas uno de los criterios de diseño es limitar los desplazamientos laterales de una edificación durante los sismos recurriendo al uso de muros o placas en las dos direcciones.

Dada su gran rigidez, los muros terminan absorbiendo la mayor parte de los cortantes de sismo (fuerzas horizontales acumuladas) lo cual obliga a ser muy cuidadoso con su ubicación en planta, con el objeto de no crear efectos de torsión si se colocan estos en forma asimétrica.

Los muros pueden ser de forma rectangulares, sección T, L o U, y otras formas más elaboradas, en algunas ocasiones el muro tiene ensanchamiento en sus extremos los cuales se construyen para permitir el anclaje de vigas transversales, para colocar su refuerzo a flexión

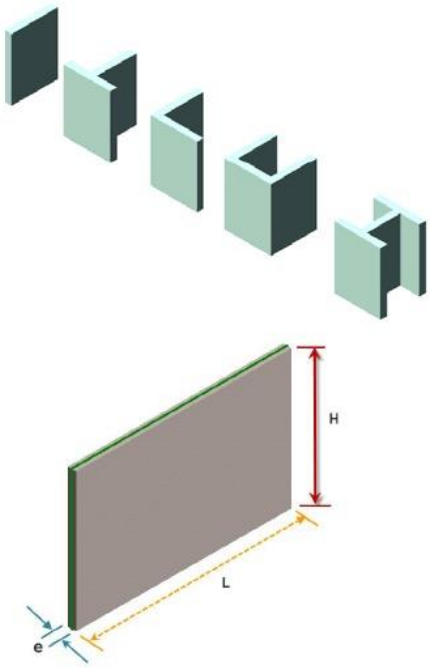


Figura 3-27: Formas de placas

3.2.4 VIGUETAS DE ACERO

PRESENTACIÓN

El sistema constructivo no convencional “Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricadas de acero vigacero” , presentada por Arcotecho empresa peruana y aprobada con Resolución Ministerial N° 269-2014 de fecha 04 de agosto del 2014 rubricada por Milton Von Hesse La Serna Ministro de Vivienda , Construcción y saneamiento sistema que recibió el premio CAPECO “A La Innovación Tecnológica “ EXCON 2014, cuyas especificaciones se detalla a continuación:

VIGUETAS DE ACERO es un sistema de techo aligerado conformado por viguetas prefabricadas de acero estructural galvanizado y casetones de poliestireno expandido EPS de alta densidad, que facilita la construcción de losas aligeradas (techos) de una manera más rápida y sencilla.

Las viguetas se apoyan sobre las vigas perimetrales ya sean de concreto, metálicas o placas de concreto y que junto con los casetones de EPS (tecnopor), la malla de temperatura y el concreto forman un diafragma rígido.

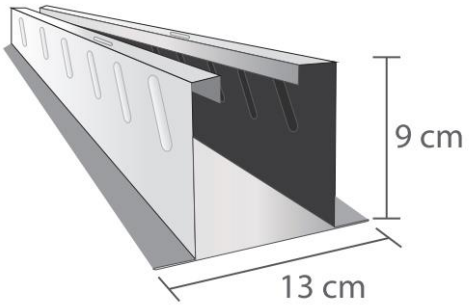


Figura 3-28: Detalle isométrico de la vigueta

Acero galvanizado grado 40

CARACTERÍSTICAS DE LAS VIGUETAS DE ACERO	
Dimensiones	h = 9 cm
	b = 13 cm
Peso	4.86 kg/ml
Espesor	1.5 mm
Rendimiento	180 m^2 /día
Acabado	Negro y/o Galvanizado
Calidad de Acero	ASTM A 1011 ASTM A 1008 ASTM A 653
fy	Min 2530 kg/cm^2
Luz Libre Máximo	8.00 m

CASETONES DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

"Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire".

La abreviatura EPS deriva del inglés Expanded polystyrene o embalaje de poliestireno expandido. Este material es conocido también como tecnopor o corcho blanco.

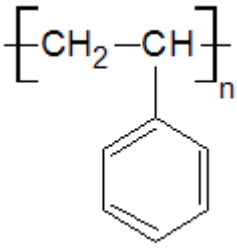


Figura 3-29: Estructura celular

El poliestireno fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1930 hacia fines de la década del 50 por la firma BASF (Alemania) por iniciativa del Dr. F. Stastny.

Las bolitas de poliestireno se le expande dentro de una cámara de vapor a 200°C de temperatura provocando que el pentano de las bolitas se escapen con lo que entra aire dentro y las bolitas se inflan hasta alcanzar 40 veces su tamaño original.

En las máquinas de formación de bloques se echan las bolitas expandidas, cuanto más bolitas entran por metro cúbico más denso será el bloque, aplicando vapor se fusionan las bolitas hasta formar bloque de 1m de ancho por 5m de largo, finalmente se realizan los cortes con alambre níquel sometido a calor

http://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido

CARACTERÍSTICAS DE LOS CASETONES DE POLIESTILENO (EPS)	
DIMENSIONES	Largo: 1.20m Ancho: 0.75m Espesor: entre 9 cm y 12 cm (*)
PESO MÁXIMO POR UNIDAD	1.2 kg/m^2 (casetón de 9 cm de espesor) 1.62kg/m^2(casetón de 12 cm de espesor)
DENSIDAD	15 kg/m^3
COLOR	Blanco
COMPORTAMIENTO FÍSICO QUÍMICO	Material auto extinguible e ignifugo, materia prima: el poliestireno tipo F. inerte

(*) Esta condición dependerá de las luces que se pueda plantear por proyecto

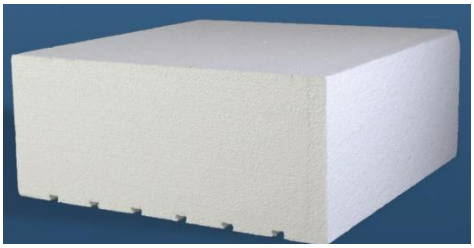


Figura 3-30: Casetones de poliestileno

Fuente. http://roycle.com/products/caseton/

APLICACIÓN

Normalmente en una construcción tenemos

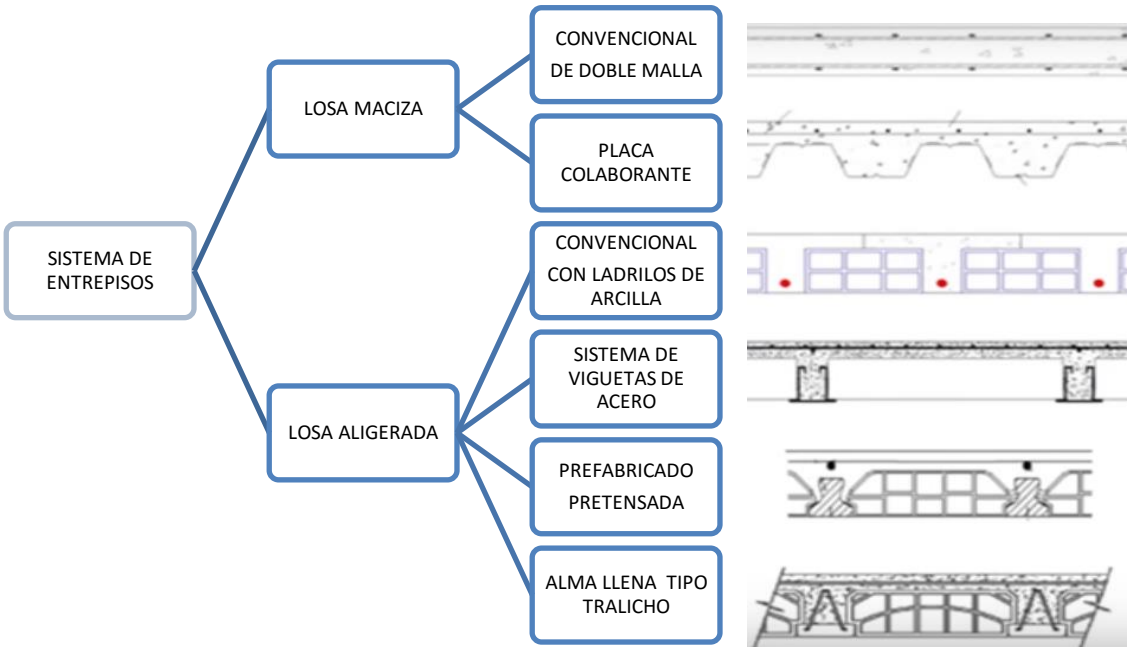


Figura 3-31: Sistemas de entrepisos

El sistema de viguetas prefabricadas de acero se utiliza para armar losas aligeradas reemplazando las viguetas convencionales de pisos y techos. Trabaja con todo los sistemas constructivos como: el sistema de albañilería confinada, el sistema aporticado, sistema dual y las estructuras metálicas, entre los usados.

DETALLE ESTRUCTURAL

La parte estructural del sistema está construida por viguetas prefabricadas de acero con concreto entre ellas y una losa superior vaciado in situ de 4 cm como mínimo (f´c = 210 kg/ cm^2) y una malla de temperatura (malla electrosoldada Φ min = 4.5 mm colocada de 25*25 cm o alambrón de Φ = 6 mm armado en dos sentidos) de . La parte no estructural entre viguetas se completa con casetones de polietireno expandido de alta densidad. El espaciamiento entre viguetas de eje a eje es de 84cm, las viguetas tienen la forma de TT invertida de 9cm de altura y 13 cm de ancho en el ala inferior es recomendable usar de 1 hasta 8m lineales de luz libre de luz .En las salientes de las alas se apoyan los

casetones de EPS (poliestileno expandido), evitándose el fondo de encofrado

Este sistema no requiere encofrado en ningún caso y en luces libres mayores a 4.50 m, solo requiere apuntalamiento. En la parte superior van embebidas las instalaciones sanitarias y eléctricas, la malla de temperatura y el acero negativo (opcional para espesores de losas continuas superiores a 25cm). La losa final tiene una sección compuesta por concreto y acero, que permiten formar un diafragma rígido, toda vez que sus componentes están integrados mediante una adherencia mecánica

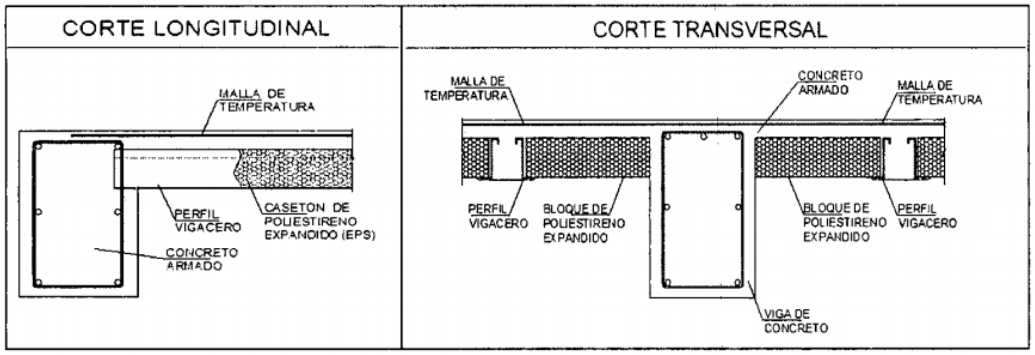


Figura 3-32 Corte Longitudinal y transversal:

ENSAYO DE LABORATORIO DEL SISTEMA DE VIGA DE ACERO

Este ensayo se realizó en el laboratorio de la Universidad la Católica del Perú

Viguetas luz libre = 3m

Dos cargas concentradas a los tercios cada una igual a p/2

Viguetas de acero de 130X90X1.5 mm

Carga de fluencia: Pu = 30 Kn

Carga Máxima: Pmax = 30 Kn

La capacidad que se puede considerar como momento resistente o ultimo es: Mu = Pu X 1 m = 3 Tn-m

ELEMENTOS HORIZONTALES

Este sistema de losa aligerada está formado por las viguetas de acero, los casetones de poliestileno expandido (EPS), la malla de temperatura y el vaciado de concreto armado que en conjunto producen una losa aligerada que funciona como un diafragma rígido. Esta losa es

más ligera y probablemente más resistente que una losa convencional. Las alturas de las losa pueden ser de distintas dimensiones, variando el espesor de los casetones, manteniendo el espesor de la vigueta de acero.

De este modo se puede tener losas de: 13,16, 20, 25 y 30 cm. Otros espesores se pueden lograr variando el espesor de la losa superior y el espesor del casetón de poliestileno expandido

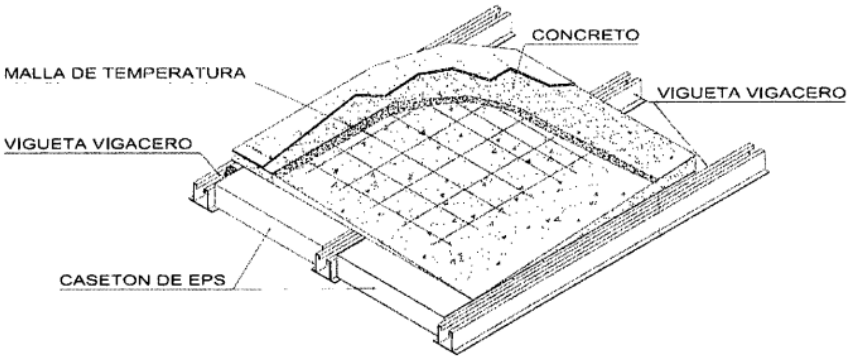


Figura 3-33: Isométrico de la losa aligerada con vigueta de acero

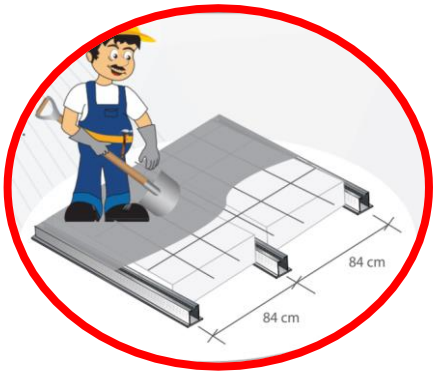


Figura 3-34: Dimensiones entre viguetas

INSTALACIÓN DEL SISTEMA

1. Apoyar la vigueta de acero a 2.5 cm como mínimo a cada lado sobre el muro o viga de soporte. La distancia entre las viguetas a ejes es de 84 cm

Figura 3-35: Vigueta de acero sobre viga

2. Instalar los casetones de EPS (tecnopor de 15 kg/m3 de densidad) sobre las viguetas de acero Los casetones EPS se perforan con el uso de una pistola de aire caliente para colocar las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas.

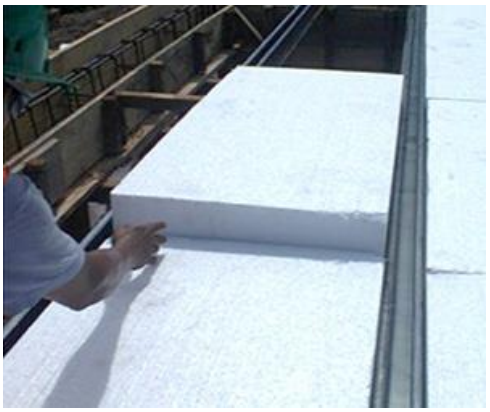


Figura 3-36: Instalación de casetones

Para hacer empalmes o algunos cortes cuando a veces hay estribos se hace un par de cortes con una amoladora y con un alicate se dobla de ese modo se empalmara la vigueta de acero con la viga principal de apoyo de cualquier sistema convencional sea viga chata o peraltada

El recorrido horizontal de los tubos eléctricos pasa sobre la superficie de los casetones del poliestireno expandido, aprovechando que los casetones son de gran dimensión. Las cajas octogonales para fijar los puntos de luz se pueden adosar a los casetones mediante perforaciones sencillas

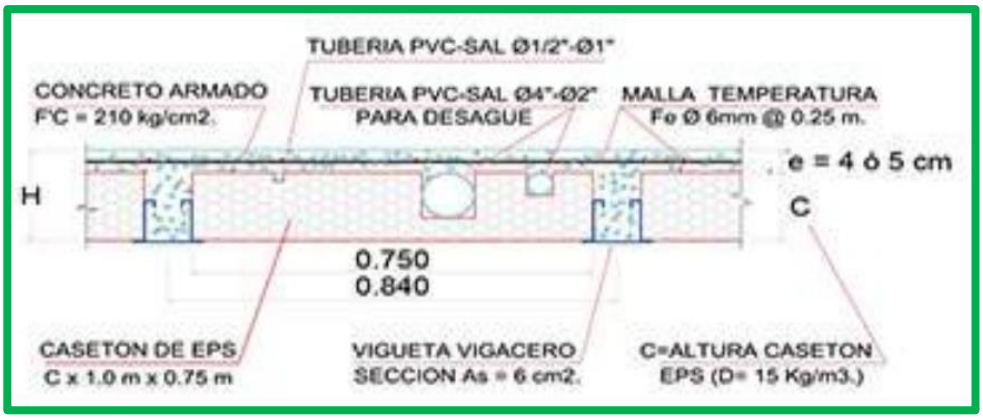


Figura 3-37: Detalle de sección de losa

Las tuberías de agua fría y caliente y desagüe pasaran a través de los casetones realizando su recorrido horizontal entre los casetones de EPS y malla de temperatura

Figura 3-38: Tendido de tuberías

3. Colocar o armar una malla de temperatura sobre los casetones, tener en cuenta que se debe usar separadores. Puedes usar Malla R80 ó acero de 6 mm @ 25 x 25 cm
4. Se realiza el vaciado del concreto fabricado en obra o pre-mezclado con su respectivo vibrado. Cumplir con el curado durante los siguientes 7 días posteriores al vaciado.

Figura 3-39: Vaciado de concreto

5. No necesita encofrado y solo se requiere apuntalamiento en luces libres mayores a 4.5 m En caso se trabaje encima de la losa recién vaciada el día anterior, es importante colocar un apuntalamiento temporal cada 1.20 m; el mismo que deberá ubicarse mediante una cercha o solera perpendicular a la vigueta y al centro de los casetones. Este apuntalamiento permanecerá 5 días como mínimo.

6. Para la durabilidad del material se recomienda un tarrajeo con malla de gallinero de cocada cuadrada de ½´´ o hexagonal en toda la superficie del cielo raso y fijarlo con grapas en forma de “U”, una vez tarrajeado se colocara una base de pintura elastómera para evitar posibles fisuras. Otra opción sería un cielo raso de placa yeso atornillado con tornillo auto perforante en las viguetas de acero cada 40 cm finalmente se cubren las juntas y los tornillos con una capa de macilla aplicada con espátula

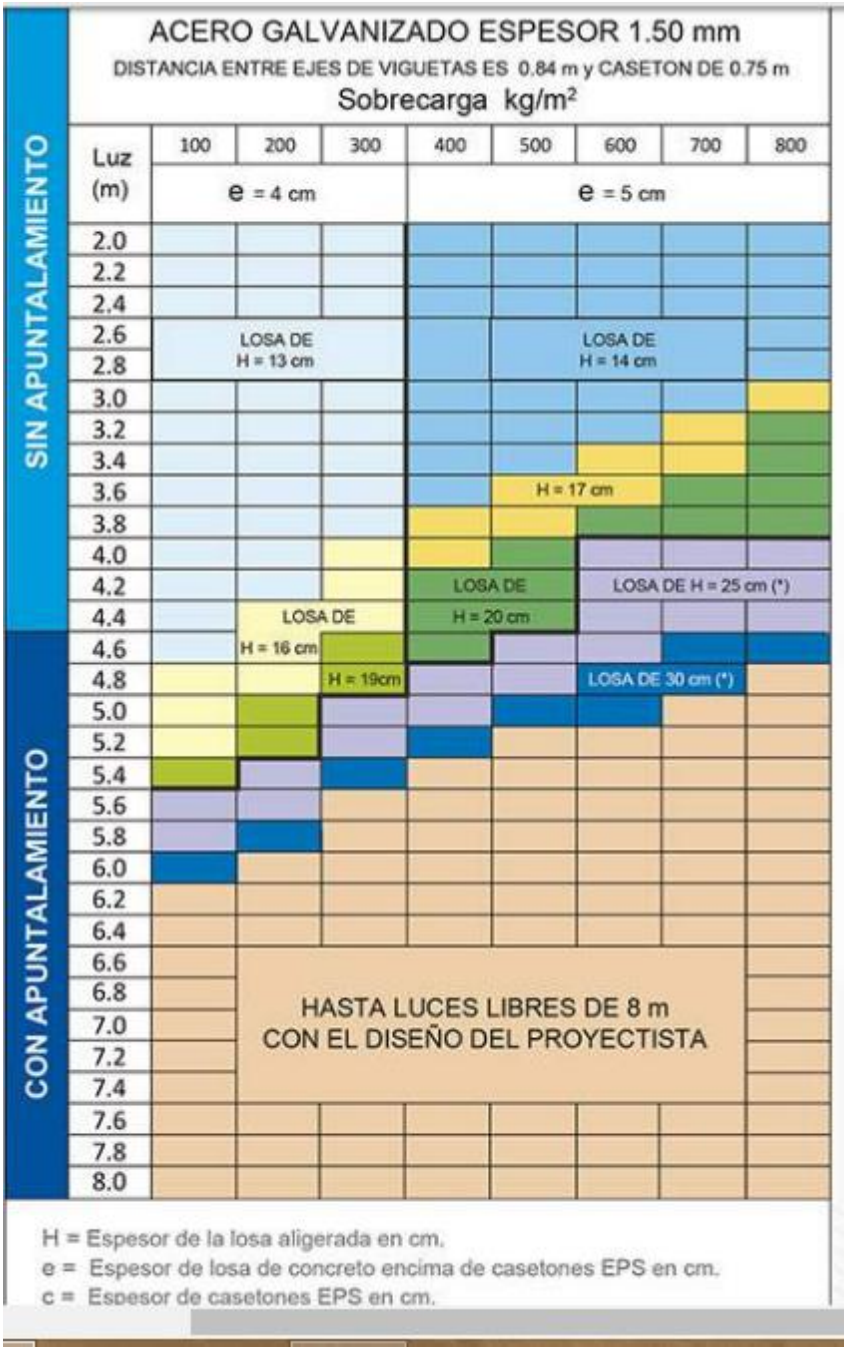


Figura 3-40: Altura de losa según sobrecarga

3.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

Cargas de diseño:

La característica más importante de cualquier elemento estructural es su resistencia real a las cargas, la cual debe ser lo suficientemente elevada para resistir con algún margen todas las cargas previsibles que puedan actuar sobre la estructura durante toda su vida útil. De otra parte, el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la NTE E.020 establece los valores mínimos de las sobrecargas que se deben considerar para el diseño de cualquier estructura, dependiendo del uso a la que va a estar sometida.

Para el presente proyecto, las cargas a considerar son las cargas muertas, las cargas vivas y las cargas debido a sismo.

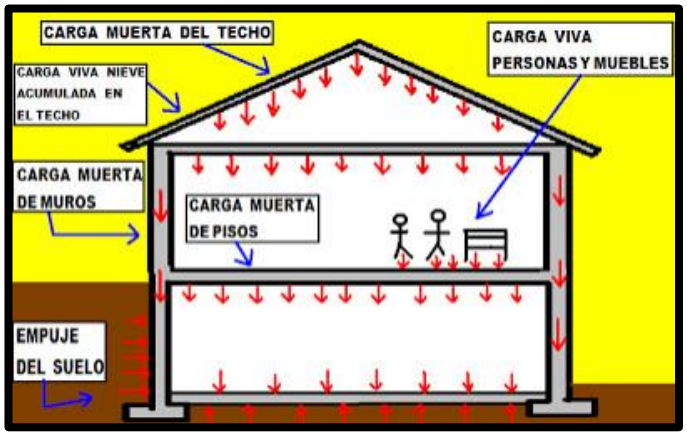


Figura 3-41: Cargas que intervienen en una edificación

Carga muerta (CM): Se consideran a todas aquellas cargas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida útil de la estructura, tales como el peso de los materiales, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la estructura, incluyendo el peso propio, que se entiende serán permanentes.

Carga viva (CV): Se consideran las cargas debido al peso de los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles.

Cargas de sismo (CS): Son aquellas que se generan por la acción sísmica sobre la estructura.

Grado de libertad: Una de las diversas traslaciones o rotaciones requeridas para definir el movimiento de un nodo. La forma desplazada de los componentes y/o de la totalidad de la estructura se puede definir mediante un número de grados de libertad.

Modelo: Idealización matemática o física de una estructura o componente que se utiliza para realizar un análisis.

Rigidez: Solicitación resultante de una deformación unitaria

Ductilidad: Se llama ductilidad a la capacidad que posee un material para deformarse más allá del rango elástico sin pérdida significativa de resistencia Ductilidad=deformación última/deformación en fluencia.

Resistencia: Es la capacidad útil de una estructura o de sus miembros, para resistir cargas dentro de los límites de deformación establecidos en el reglamento

Deformación: Es el cambio de forma de la estructura producido por las cargas actuantes sobre ella. Las deformaciones responden a las siguientes relaciones:

- a mayor carga, mayor deformación
- a mayor dimensión longitudinal (luz), mayor deformación
- a mayor sección resistente, menor deformación
- a mejor material (mayor módulo E), menor deformación

Inercia: Flojedad, desidia, inacción, Incapacidad de los cuerpos para salir del estado de reposo, para cambiar las condiciones de su movimiento o para cesar en él, sin la aplicación o intervención de alguna fuerza.

Momento inercial: El momento de Inercia también denominado segundo momento de área; es una propiedad geométrica de la sección transversal de los elementos estructurales. Tomando en cuenta, un cuerpo alrededor de un eje, el momento de inercia, es la suma de los productos que se obtiene de multiplicar cada elemento de la masa por el cuadrado de su distancia al eje.

Deriva: es la diferencia entre los desplazamientos horizontales de los niveles entre los cuales está comprendido el piso.

Índice de deriva: Es la deriva del piso dividida por la altura del mismo

Modos de vibración: Son las diferentes formas de vibracion propias de la estructura. A cada modo de vibracion corresponde una frecuencia de vibracion propia. La respuesta dinámica de la estructura en el rango elastico se puede expresar como la superposicion de los efectos de los diferentes modos de vibracion como grados de libertad tenga.

Espectro: Es la colección de valores maximos, ya sea de aceleracion, velocidad o desplazamiento que tienen los sistemas de un grado de libertad durante un sismo.

Poliestireno expandido EPS.- "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire"

Casetones.- Es utilizado principalmente como elemento aligerante en losas tanto de entrepiso como de techumbre, sin importar si son losas reticuladas o nervadas en una dirección, de igual forma en losas reticulares de cimentación o en rellenos del subsuelo

Estructuras: es un ensamblaje de elementos, diseñados para soportar cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales.

Sistema dual: es el sistema estructural resultante de la combinación de un pórtico con muros estructurales

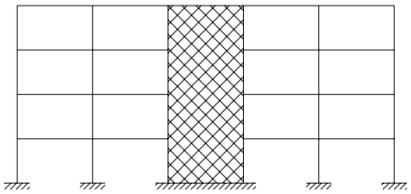


Figura 3-42: Sistema Dual

CAPÍTULO IV

4 MARCO METODOLÓGICO

4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 TIPO

Responde a la investigación **experimental** ya que se manipuló la variable independiente viguetas de acero en el diseño de concreto armado de edificios de aulas, luego se realizaron las mediciones del antes y el después finalmente fueron comparados.

4.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es de nivel **explicativo** porque se quiere demostrar si es verdadero o falso que las viguetas de acero mejoran el comportamiento estructural del edificio de aulas

4.2 MÉTODO Y DISEÑO

4.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se empleó el método **analítico** y **comparativo** según el Dr. José Supo Métodos y Diseños de Investigación Científica

Dentro de los métodos analíticos se incluyen los métodos paramétricos o cualitativos que definen una serie de ítems a los que se les asigna un porcentaje de ponderación dentro de la respuesta estructural

Método **numérico** basado en los elementos finitos

4.2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño aplicado es el **experimental** porque se quiere conocer si la incorporación de viguetas de acero en el diseño de concreto armado mejora o no el comportamiento estructural de edificios de aulas.

El tipo de diseño experimental es el **cuasi- experimental** por ser una intervención deliberada con objetos y no con sujetos o personas además no se tiene grupos de control

Esquema de diseño:

D°C°A° ----------CE_1

D°C°A°----------X----------CE_2

Donde:

D°C°A° : Diseño de concreto armado

CE_i : Comportamiento estructural

X : Variable independiente (incorporación de viguetas de acero)

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.3.1 POBLACIÓN

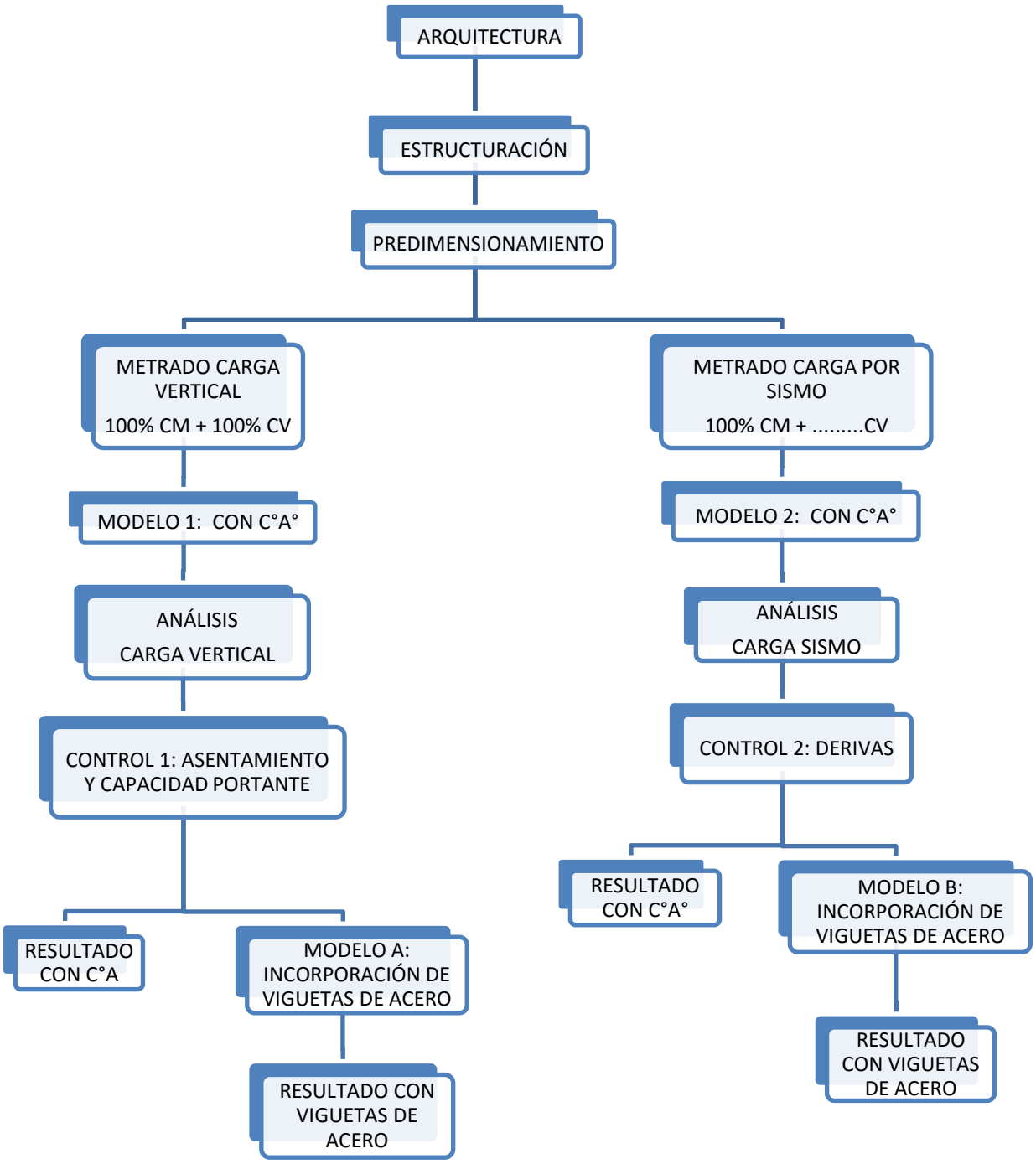
La población está constituida por todas las edificaciones de aulas de concreto armado (sistema dual) que se desea construir con características similares en cuanto al tipo de suelo, configuración arquitectónica y estructural, procedimiento constructivo, etc.

4.3.2 MUESTRA

Para determinar la muestra de nuestra investigación se ha empleado el muestreo **no probabilístico** según **criterio** ya que para el investigador es más cómodo y de fácil acceso realizar el estudio de la edificación de aulas de la I.E.P “Euclides”- Pillcomarca porque se tuvo la autorización para realizar el estudio de suelos del terreno donde se implantará la infraestructura, por la facilidad de obtener información inmediata, porque a futuro se realizará este proyecto y para ello se tomará la mejor opción de diseño.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

El siguiente diagrama de ruta nos permitió recabar presentar y analizar los datos:



4.4.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica para la recolección de datos se usó la **observación** y los instrumentos fueron: planos, software Etabs,

Se desarrolló la modelación geométrica en 3D de la edificación estudiada utilizando el programa Etabs 2015 agregando los elementos estructurales a estudiar (Horizontales y verticales), las cargas de gravedad actuantes, las fuerzas sísmicas y su propio peso obteniendo como resultado las fuerzas internas.

4.4.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se utilizó la estadística descriptiva mediante tablas y gráficos para comparar los resultados del comportamiento estructural antes y el después de la intervención (incorporación de las viguetas de acero)

4.4.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

La información obtenida se presenta en cuadros y gráficos estadísticos, a partir de los porcentajes y factores de incidencia en la variación de los comportamientos de las edificaciones en análisis, aplicando las normas. Para la sección analítica se empleó un análisis comparativo para cada caso de investigación, utilizándose el método de Análisis Estructural Lineal, es decir, en el rango elástico. Los recursos para el análisis serán con la ayuda del programa Etabs y para el procesamiento de datos Microsoft Excel con el que se llegará a los resultados que serán mostrados tal cual se detalla anteriormente, en la que se aplicará ambos sistemas de losas aligeradas y la verificación de ambas para su validez comparándola con la norma.

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS

5.1 ESTRUCTURACIÓN Y PRE DIMENSIONAMIENTO

5.1.1 ESTRUCTURACIÓN DEL EDIFICIO

Se utilizó el sistema dual en ambas direcciones, los cuales combinan muros de corte con columnas, siendo estos conectados entre sí por medio de vigas peraltadas. El objetivo de los muros de corte es el de controlar los desplazamientos laterales en las zonas irregulares del edificio durante la acción de un sismo severo.

Estructuración de Muros de corte:

Para determinar la ubicación de los muros de corte se aprovecharon las paredes laterales de la escalera y el Ascensor como muros de corte, ya que estos presentan continuidad vertical, es decir, están presentes en todos los pisos. Como se puede apreciar, se tiene una alta densidad de muros de corte en ambas direcciones que fueron ubicados cuidando la arquitectura de la edificación.

Estructuración de Columnas:

Para la estructuración de las columnas se tuvo especial cuidado para que éstas no interfirieran con la arquitectura ni con la circulación de las personas en caso de los corredores. Para poder mejorar el comportamiento tanto en la dirección Y y X se consideraron columnas rectangulares, en T, I y Cruz, así para garantizar la rigidez de la edificación. Con esta medida se ayudará además a disminuir la torsión de la planta.

Estructuración de Vigas:

Una vez definidos los elementos verticales, se procedió a conectarlos mediante las vigas peraltadas. El criterio utilizado para colocarlas fue el de evitar el impacto visual de los ocupantes; para ello, se colocaron en lugares donde se pudiera disimular su presencia, como por ejemplo, en los ejes que tienen tabiques fijos, divisiones de

ambiente, o en donde sólo se verían como dinteles de puertas o ventanas.

Estructuración de Losas

Ubicadas las vigas, se procedió a definir los tipos de losas que se van a usar de acuerdo a las dimensiones de cada paño. Se colocarán losas macizas como techo de los ascensores, cajas de escaleras, losas nervadas en los halls de las escaleras y ascensores (por ser esta de mayor circulación y el hecho de contar con paños grandes) y losa aligerada en las aulas, en los corredores y en la betería de baños. La dirección del armado de las losas dependió de las dimensiones de los paños, cuando la relación entre el lado mayor y el lado menor fue mayor o igual a 2, entonces la losa se armó en una sola dirección y en caso contrario, se armó en dos direcciones. Para una segunda edificación los elementos y dimensiones son los mismos pero fueron remplazadas la losa aligerada convencional por losas aligeradas con viguetas prefabricadas de acero galvanizado y casetones de poliestireno expandido (EPS).

De esta manera, al combinar las losas aligeradas, macizas y nervadas se trata de asegurar que exista un trabajo conjunto entre los techos y los elementos estructurales tales como vigas, columnas y muros de corte, obteniendo con ello un comportamiento similar al de un diafragma rígido que permita uniformizar los desplazamientos laterales y repartir uniformemente los esfuerzos a las muros de corte y columnas.

5.1.2 PRE DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El Pre dimensionamiento consiste en dar una dimensión aproximada o definitiva a los distintos elementos estructurales, en base a ciertos criterios y recomendaciones de muchos ingenieros y de acuerdo a lo estipulado en la Norma E.060 de Concreto Armado y ACI 318-11. Una vez realizado el análisis se verificó si las dimensiones

asumidas para los elementos son convenientes o tendrán que cambiarse para luego pasar al diseño.

a) Losas Aligeradas

Para el cálculo del espesor de las losas aligeradas armadas en una dirección se empleó el siguiente criterio, con una luz máxima de 7.45 m y una sobrecarga de 250kg/m2 (norma la E-020 de cargas) presente en este edificio:

$$Espesor = \frac{\text{Luz libre}}{25}$$

$$Espesor = \frac{7.45}{25} = 0.298 = 0.30$$

Se decidió emplear una losa aligerada de 30 cm de espesor, que es la solución convencional para luces de hasta 7.50m. El dimensionamiento anterior será válido para aligerados armados en una dirección, en caso en que se tengan sobrecargas normales del orden máximo de 300 a 350 kilos por metro cuadrado (Blasco, 1994)

b) Losa maciza

Para el cálculo del espesor de las losas macizas armadas en una dirección se empleó, para una luz libre de 4.40 m, el siguiente criterio Espesor = Luz Libre / 30= 440 / 30 = 14,7 cm. Se decidió emplear una losa maciza de 15 cm de espesor.

c) Losas Nervadas

Las losas nervadas se usan generalmente en paños de luces grandes mayores a 6m o cuando se desea reducir el peso, puesto que resultan ser más livianas que una losa aligerada. Se planteó losas nervadas en los halls debido a la sobrecarga que en el actúa, siendo de 400kg/m^2 mayor que el de las aulas (250kg/m^2), para el pre dimensionamiento de la losa nervada nos basamos del RNE E060, capítulo 8 del numeral 8.11 que a la letra dice:

Disposiciones para losas nervadas

- Las losas nervadas consisten en una combinación monolítica de nervios o viguetas regularmente espaciados y una losa colocada en la parte superior que actúa en una dirección o en dos direcciones ortogonales.
- El ancho de las nervaduras no debe ser menor de 100 mm y debe tener una altura no mayor de 3,5 veces su ancho mínimo.
- El espaciamiento libre entre las nervaduras no debe exceder de 750 mm.
- El espesor de la losa no debe ser menor que 1/12 de la distancia libre entre las nervaduras, ni menor de 50 mm.
- La losa debe llevar refuerzo perpendicular a los nervios diseñado para resistir la flexión, considerando las cargas concentradas si las hubiera, pero no menor que la cuantía mínima.
- Cuando se requiera embeber ductos o tuberías en la losa según lo permitido, el espesor de ésta en cualquier punto deberá ser, como mínimo, 25 mm mayor que la altura total del ducto o tubería. Se deberán considerar refuerzos o ensanches de los nervios o viguetas en caso que estos ductos o tuberías afecten a la resistencia del sistema.
- La resistencia a la fuerza cortante Vc proporcionada por el concreto de las nervaduras podrá ser considerada 10% mayor a la prevista según lo señalado en el Capítulo 11 de esta Norma. Adicionalmente, podrá incrementarse la resistencia al corte disponiendo armadura por corte o ensanchando los nervios o viguetas en las zonas críticas (ICG, Noviembre, 2014).

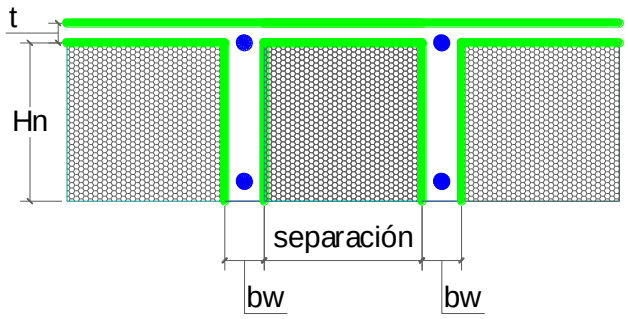


Figura 5-1: Losa nervada

En resumen:

$$t \geq 5cm \geq \frac{\text{separación}}{12}$$

$$bw \geq 10cm$$

$$Separación \leq 75cm$$

$$Hn \leq 3.5 * bw$$

También consideraremos la ACI que nos menciona para el caso de losas rectangulares apoyadas sobre vigas de mayor peralte, cuya relación lado largo / lado corto sea menor que 2, el cálculo de las deflexiones se realiza con dos ecuaciones propuestas por los códigos.

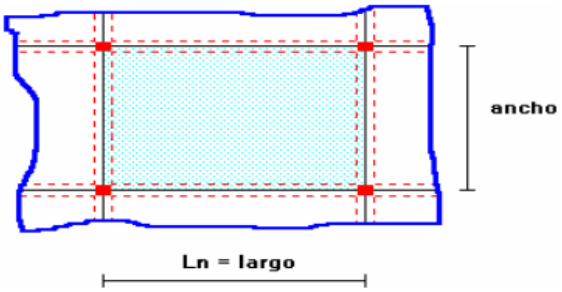


Figura 5-2: Dimensiones de la losa

$$h_{min} = \frac{L_n(800 + 0.0712Fy)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$$

Fórmula 1: Para el pre dimensionamiento de una losa nervada

Dónde:

h: peralte o espesor de la losa maciza o altura de inercia equivalente en la losa nervada

Ln: claro libre en la dirección larga del panel, medido de cara a cara de las columnas en losas sin vigas, y de cara a cara de las vigas en losas sustentadas sobre vigas

Fy: esfuerzo de fluencia del acero en Kg/cm2

αm : promedio de los valores de α para las cuatro vigas en los bordes del panel, donde α = razón entre E . I de la sección de la viga y E.I del ancho de la losa limitada lateralmente por las líneas de centro de los paneles adyacentes a cada lado de la viga (donde las hubiera)

β: relación de forma del panel = panel largo libre / panel corto libre

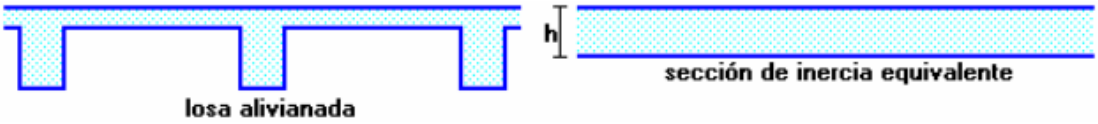


Figura 5-3: Esquema de una losa nervada y su sección equivalente

Calculo de β para el paño más crítico

$$\beta = \frac{7.15}{5.15} = 1.4$$

Para valores de αm mayores que 2, la altura de la losa maciza o la altura equivalente de la losa nervada debe ser al menos

$$h_{min} = \frac{L_n(800 + 0.0712Fy)}{36000 + 9000\beta}$$

Fórmula 2: Para el pre dimensionamiento de una losa nervada

Pero "$h_{mín}$", para esta segunda condición, deberá ser al menos 9 cm.

La luz libre para los paños; consideraremos el máximo de 7.15 m x 5.15 m es decir el paño más crítico, tanto para las losas apoyadas por vigas en todo su perímetro, y la luz libre para los paños que no contengan vigas en al menos un lado

Luego de dicha verificación obtenemos alturas mínimas para las luces presentadas, hallando el momento de inercia de las secciones equivalentes. Obteniendo las siguientes dimensiones

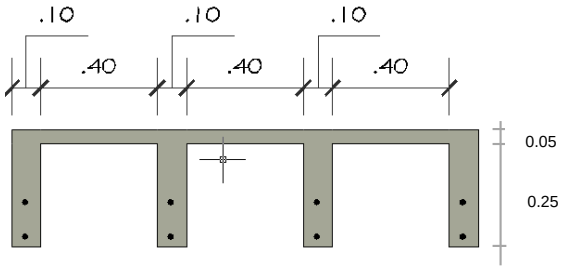


Figura 5-4: Sección de la losa nervada

Hallando el espesor de la losa maciza para su verificación

$$h_{min} = \frac{7.15 * (800 + 0.0712 * 4200)}{36000 + (9000 * 1.4)} = 0.16m \geq 0.09 \quad ok$$

Con el espesor calculado, se procedió a realizar el análisis de un metro de losa maciza para compararla con la nervada, la misma que proponemos con las dimensiones existentes

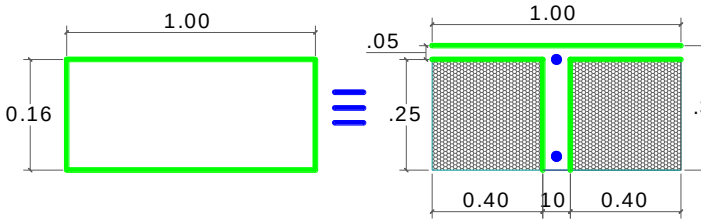


Figura 5-5: Secciones equivalentes

Se calcula la inercia de la losa nervada

Elemento	Base(m	Altura(m)		x	y	Area	x*Area	y*Area	d	I	I*Area* d^2
Losa de compres	1	0.05		0.5	0.3	0.1	0.025	0.01375	0.05	1.04167E-05	0.00013542
Nervios de la losa	0.1	0.25		0.5	0.1	0	0.0125	0.00313	0.1	0.000130208	0.00038021
						0.1		0.01688		Inercia =	0.00051563

Calculamos el espesor equivalente que representa la losa nervada

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$0.00051563 = \frac{1.00 * h^3}{12}$$

$$h_{eq} = 0.18\ m$$

$$h_{min} = 0.16\ m$$

El espesor equivalente deberá ser relativamente mayor que el h calculado como losa maciza $h_{eq} \geq h_{\min}$ ok

Análisis del paño o panel más crítico de 7.15 m por 5.15 m

Se tiene:

$bw = 10cm$

$Separación = 40cm$

$Hn = 25cm$

$t = 5cm$

Según el reglamento mencionado:

Espesor del nervio: $bw \geq 10\ cm$

Como $bw = 10\ cm$ entonces <u>cumple</u>

Altura del nervio: $Hn \leq 3.5 * bw$

Como Hn = 0.25 ≤ 3.5*10 = 35 cm entonces <u>cumple</u>

Espaciamiento libre entre las nervaduras: $Separación \leq 0.75m$

Como la separación =40 cm ≤ 75 cm, entonces <u>cumple</u>

Altura de la losa: $t \geq 5cm \geq \frac{\text{separación}}{12}$

Como $t = 5\ cm \geq 5\ cm \geq \frac{40}{12} = 3.3\ cm$ entonces <u>cumple</u>

5.1.2.1 Losas con viguetas de acero

Se tiene una sobrecarga de 250kg/m^2 por lo tanto el espesor de la losa aligerada es H=30cm, el espesor de la losa de concreto encima de casetones EPS e=5cm y el espesor de los casetones EPS C=25cm

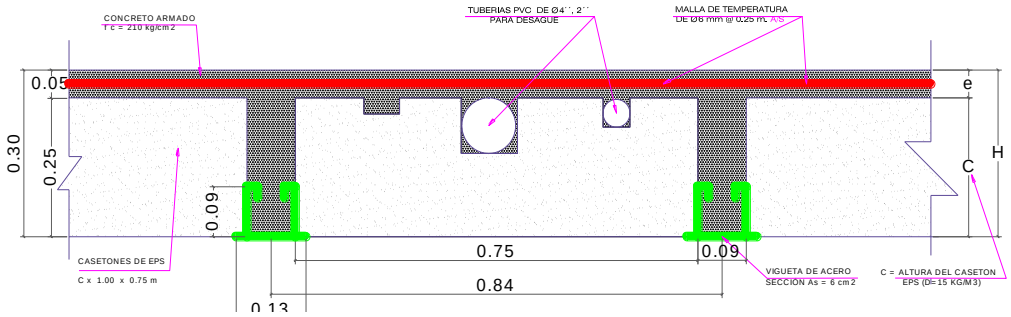


Figura 5-6: Detalle de losa aligerada con viguetas de acero

5.1.2.2 Columnas

Ya que el sistema es dual se pre dimensionaron considerando básicamente la carga axial, pues los momentos de sismo son muy bajos debido a la existencia de muros de corte, los cuales controlarán la rigidez lateral del edificio. Por lo tanto las columnas pre dimensionamos con las siguientes fórmulas: de acuerdo el ACI:

$Área\ de\ columna = \frac{P_{servicio}}{0.45f´c}$, para columnas interiores

$Área\ de\ columna = \frac{P_{servicio}}{0.35f´c}$, para columnas exteriores o esquinada

Esta distinción se debe a que las columnas exteriores o esquineras tendrán una menor carga axial que las columnas interiores.

$$P_{servicio} = P * A_{trib} * N°_{pisos}$$

Siendo, P =1500kgf/m2, para edificaciones de categoría A. (Villarreal Castro, 2015)

N° de pisos = 6 f´c= 280 kg/cm^2

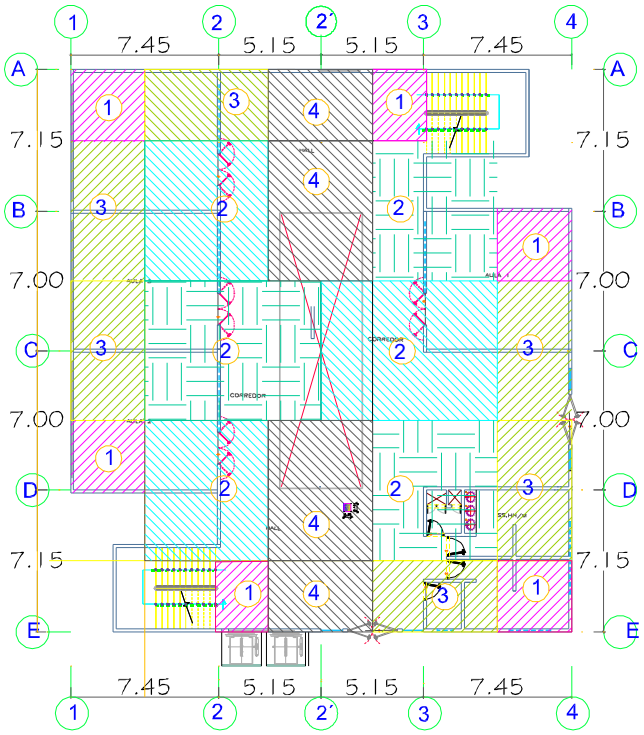


Figura 5-7: Áreas tributarias

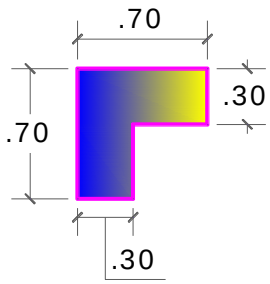
TABLA 5-1: PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	COLUMNA	AREA TRIB. (m^2)	AREA DE COLUMNA (cm^2)	DIMENSION DE LA COLUMNA (m^2)
Esquinada	C-01	18.95	1740	0.35 x 0.50
Interior	C-02	55.45	3961	0.80 x 0.50
Exterior	C-03 C-04	31.72 17.89	2913 1277	0.60 x 0.50 0.35 x 0.40

RESUMEN

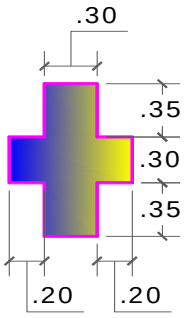
<u>C - 01</u>

Área = 3300 cm^2 ≥1740 cm^2



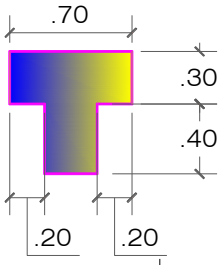
C - 02

Área = 4200 cm^2 ≥3961 cm^2



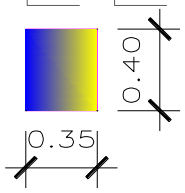
C - 03

Área = 3300 cm^2 ≥2913 cm^2



C - 04

Área = 1400 cm^2 ≥1277 cm^2



5.1.2.3 Vigas

La viga se dimensiona generalmente considerando un peralte del orden de 1/10 a 1/12 de la luz libre, debe aclararse que esta altura incluye el espesor de la losa del techo o piso.

Conforme se tengan luces más grandes, puede disminuirse el peralte obtenido hasta el catorceavo de la luz disponiendo de anchos del orden de 0.5 de la altura. (Blanco Blasco, 1994).

Se tomaran tres tipos de secciones de vigas debido a la luz que existe:

Luz libre en X= 6.40; entonces Ln/10 6.40/10 = 0.65 m

Luz libre en Y = 6.00; entonces Ln/10 = 6.00/10 = 0.60 m

Se uniformizara a 0.65m de peralte en todas las vigas debido a que facilita el proceso constructivo.

Para viga en voladizo**:** Ln/8

Luz libre = 3.15; entonces Ln/8= 3.15/8 = 0.39 m; tomamos h= 0.40 m

VP-0.30x0.65 VW-0.30x0.40

5.1.2.4 Placas

Es difícil poder fijar un dimensionamiento para las placas puesto que, como su principal función es absorber las fuerzas de sismo, mientras más abundantes o importantes sean tomarán un mayor porcentaje del cortante sísmico total, aliviando más a los pórticos. (Blanco Blasco, 1994)

Se han considerado placas de 30 cm. de espesor en las escaleras los ascensores y en algunos lugares donde la arquitectura nos permitió. La evaluación final de la longitud de las placas se hizo después de realizar el análisis sísmico, en donde se buscó una adecuada rigidez lateral en ambas direcciones

5.2 ANÁLISIS SÍSMICO

Este análisis nos permitió conocer el comportamiento de la estructura bajo solicitaciones sísmicas, para ver si existe irregularidad torsional, verificar que las derivas máximas cumplan lo estipulado en la Norma E.030, además se obtuvieron las fuerzas internas de los diferentes elementos que conforman el sistema sismo resistente. El análisis se realizó en las dos direcciones principales (X e Y) independientemente tanto para el análisis estático y el dinámico espectral, se consideró tres grados de libertad por piso, además se verificó si el pre dimensionamiento inicial de los elementos estructurales pasa con los controles que exige la norma, de suceder lo contrario, entonces se procede a modificar los elementos. Mediante el análisis sísmico se obtuvieron las principales respuestas de la estructura ante solicitaciones dinámicas, las cuales son:

Los períodos principales de vibración, el cortante basal y los desplazamientos laterales a los cuales se encuentra sometida y finalmente los esfuerzos que las fuerzas horizontales de sismo generan sobre los elementos estructurales (vigas, columnas y placas).

5.2.1 CARGAS

- **Cargas muertas:** Conformada por el peso propio de los elementos estructurales como columnas, vigas y losas; y por el peso muerto de elementos no estructurales, como tabiques, parapetos, acabados y coberturas, calculados en base a los pesos unitarios del anexo 1 del RNE. E.020.

  El peso propio de los elementos estructurales es calculado directamente por el programa. Las cargas muertas de los elementos no estructurales y acabados se añaden aplicando en cada caso.

TABLA 5-2: PESOS UNITARIOS

MATERIALES		PESO (kgf/m^3)
Albañilería de:		
Unidades de arcilla cocida sólidas		1800
Unidades de arcilla cocida huecas		1350
Concreto simple de:		
Grava		2300
Concreto Armado		Añadir 100 al peso del concreto simple
Enlucido o revoque de:		
Mortero de cemento		2000
Otros:		
Losetas		2400
Losas aligeradas armadas en una sola dirección de concreto armado con vigueta 0,10 m de ancho y 0,40 m entre ejes		
Espesor del aligerado (m)	Espesor de losa superior en metros	Peso propio Kgf/m^2
0,17	0,05	280
0,20	0,05	300
0,25	0,05	350
0,30	0,05	420

ESPECIFICACIONES		(kgf/m2)	DESCRIPCIÓN
Peso de los acabados		120	
Tabiquería		50	Debido a su escaza tabiquería
PESO DE LOSAS	Losa Nervada 40 cm	521	para losas centrales
	Losa Nervada 30 cm	408	para losas laterales

- **Cargas vivas:** En función del uso o tipo de ocupación de la edificación y como mínimo los valores indicados en la tabla 1 de la E.020.

TABLA 5-3: CARGAR VIVAS MINIMAS REPARTIDAS

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS (Kgf/m^2)
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 300
Centros de Educación	
Aulas	250
Corredores y escaleras	400

TABLA 5-4: CARGA VIVA DEL TECHO

TIPO DE TECHO	CARGAS REPARTIDAS (Kgf/m^2)
Con una inclinación hasta de 3º con respecto a la horizontal	100
Con una inclinación mayor de 3º con respecto a la horizontal	100 reducida en 5, por cada grado de pendiente por encima de 3º, hasta un mínimo de 50
Curvos	50
Con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc, cualquiera sea su pendiente	30, excepto cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve.

- **Carga Sismo (CS):** Es la carga que se genera debido a la acción sísmica sobre la estructura. Para calcular los esfuerzos que estas cargas producen en la estructura se ha utilizado el programa ETABS.
- **Cargas de viento**

  De acuerdo con el RNE E.060 solo se aplica los efectos de viento o sismo, el que resulte más perjudicial. En la ciudad de Huánuco las cargas de viento son significativamente menores que los producidos por sismo, motivo por el cual no se considera.

5.2.2 DATOS DE LOS MATERIALES

- **Acero de refuerzo**

Se utilizará acero corrugado con un módulo de fluencia de 4200 Kg/cm^2.

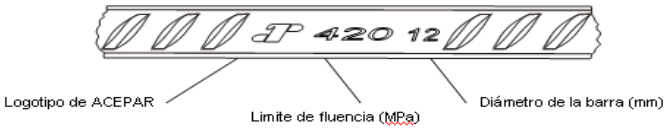


Figura 5-8: Acero corrugado

Denominación: A615-G60

TABLA 5-5: PROPIEDADES DEL ACERO

Resistencia del acero en fluencia	fy	4200 kg/cm2
Resistencia mínima de agotamiento en tracción	fu	6300 kg/cm2
Módulo de elasticidad del acero	E	2 000 000 kg/cm2

- **Concreto**

El concreto a utilizar será acorde a los elementos estructurales a emplear, conforme se detalla en el siguiente cuadro:

TABLA 5-6: PROPIEDADES DEL CONCRETO

Elemento Estructural	Calidad del concreto de cemento portland tipo I
Columnas y vigas de pórticos	280 Kg/cm^2
Losas	210 Kg/cm^2
Escaleras y muros de corte	280 Kg/cm^2

Módulo de elasticidad del concreto	E	15000 √f ´c=217371 Kg/cm2
Módulo de Poisson	µ	0.20
Peso específico del concreto		2300 Kg/cm2

5.2.3 PARÁMETROS SÍSMICOS

Las solicitaciones sísmicas se determinan, según lo indicado en la Norma E.030, por espectros inelásticos de pseudo-aceleraciones

5.2.3.1 Factor zona (z)

Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. (E.030, 2016)

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 5-9: Regiones correspondientes a los factores de zona (Norma E.030)

La estructura se ubica en el Distrito de Pillcomarca por lo tanto, de acuerdo a la tabla N° 1 corresponde a la zona 2 cuyo factor es: Z = 0.25

5.2.3.2 Parámetros del sitio (S, T_P Y T_L)

5.2.3.2.1 Factor de suelo "S"

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

ZONA \ SUELO	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

Fuente: Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2016

5.2.3.2.2 Periodos "T_P" y "T_L"

Tabla N° 4
PERÍODOS "T_P" Y "T_L"

	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

Fuente: Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2016

5.2.3.3 Factor de amplificación sísmica (c)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones: (E.030, 2016)

$T < T_P$	C=2,5
$T_P < T < T_L$	$C = 2{,}5(\frac{T_P}{T})$
$T > T_L$	$C = 2{,}5(\frac{T_P - T_L}{T^2})$

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo (E.030, 2016)

T_P : Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo.

T_L : Periodo de corte del espectro

Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

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

Donde:

CT = 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

hn = altura total del edificio = 21

$$T = \frac{h_n}{C_T} = \frac{21}{45} = 0.47\ seg = T_{xx} = T_{yy}$$

Como $T_P < T < T_L$

$0.4 < 0.47 < 2.5$ $\rightarrow$ $C = 2{,}5(\frac{T_P}{T})$

$C = 2{,}5(\frac{0.4}{0.47})$ = 2.13

5.2.3.4 Factor de uso (u)

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla N° 5. El factor de uso o importancia (U), definido en la Tabla N° 5 se usará según la clasificación que se haga. (E.030, 2016)

El proyecto en estudio es una infraestructura educativa a nivel de Instituto por lo que está enmarcado dentro de la categoría “A” correspondiente a edificaciones esenciales específicamente en el “A2” donde no es de uso obligatorio el aislamiento sísmico en la base tal como lo es para los que están comprendidos en el “A1”

TABLA 5-7: FACTOR DE USO

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	**DESCRIPCIÓN**	**FACTOR U**
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. -Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5

Fuente: Tabla N° 5 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2016

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5. Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

5.2.3.5 Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (r)

5.2.3.5.1 Factor de sistema estructural (Ro)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7. (E.030, 2016)

TABLA 5-8: FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL

Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R0 (*)
Acero: Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	 8 7 6 8 6 8
Concreto Armado: Pórticos Dual De muros estructurales Muros de ductilidad limitada	 8 7 6 4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Tabla N° 7 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2016

(*) Estos coeficientes se aplicarán 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 construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 “Adobe” del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S3 , ni se permite en suelos S4 . (E.030, 2016)

Por lo tanto en ambas direcciones R_O=7

5.2.3.5.2 Factores de Irregularidad (I a, I p)

TABLA 5-9 : FACTOR DE IRREGULARIDAD EN ALTURA

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. **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.	0,75
Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla Nº 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. **Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla Nº 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.	0,50

Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90
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.	0,90
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.	0,80
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla Nº 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	0,60

Fuente: Tabla N° 8 de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente 2016

TABLA 5-10: FACTOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	**Factor de Irregularidad I_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, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{máx}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}), 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 Nº 11	0,75
Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla Nº 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ_{CM}),es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{CM}),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 Nº 11.	0,60
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.	0,90

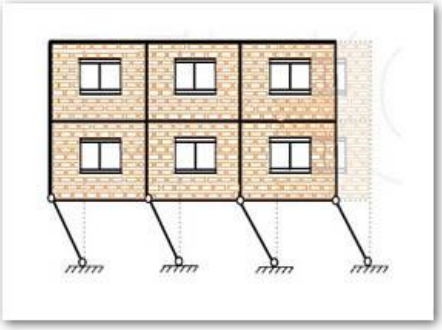
Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para 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.	0,85
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	0,90

Fuente: Tabla N° 9 Norma E.030 de Diseño Sismo resistente 2016

EVALUACIÓN DE LAS IRREGULARIDADES

La estructura se debe clasificar como regular o irregular para poder determinar un procedimiento correcto de análisis y considerar un valor adecuado para el factor de reducción (R); por ello, se procede a verificar si el edificio cuenta con alguna de las siguientes irregularidades:

- **De rigidez - Piso blando**: Área total resistente en entrepiso < entrepiso superior. El proyecto no presenta esta irregularidad, debido a que se tiene continuidad en los elementos verticales resistentes, Además no presenta diferencia entre las alturas de entrepiso.



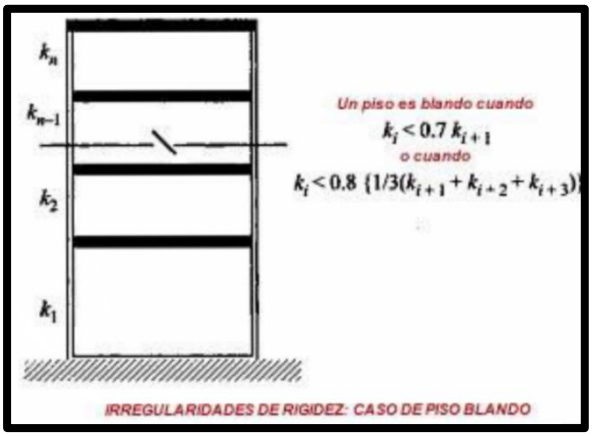


Figura 5-10: Irregularidades de rigidez: caso de piso blando

- **De masa:** Masa de un piso > 150% adyacente

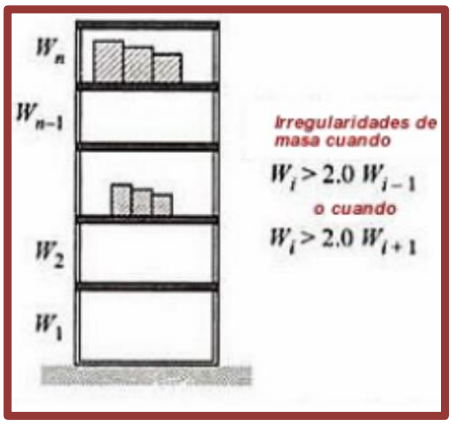


Figura 5-11: Irregularidades de masa

Al ser piso típico, la masa es la misma de un piso a otro, con lo cual el edificio no presenta esta irregularidad.

- **Geométrica vertical**: Dimensión en planta > 130% adyacente

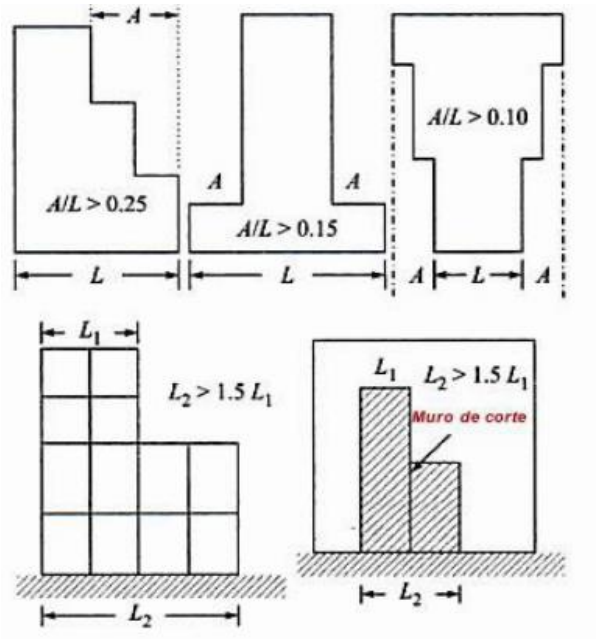


Figura 5-12: Irregularidad geométrica vertical

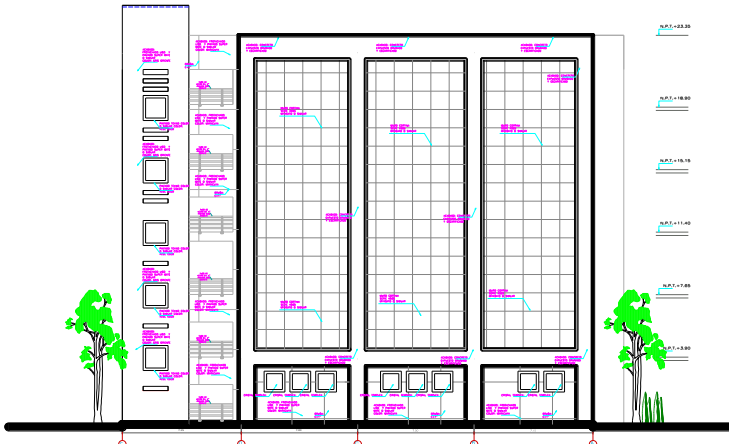


Figura 5-13: Plano de elevación del proyecto

No se aplica en sótanos ni en azoteas por lo tanto es regular

- **Discontinuidad en los sistemas resistentes:** no existe desalineamiento de los elementos verticales, pues no habrá un cambio de orientación, tampoco un desplazamiento de magnitud mayor a la dimensión del elemento, entonces no presenta esta irregularidad.
- **Torsional:** esta se verifica después del análisis; por ello, se explicará posteriormente, la existencia o no de esta irregularidad y cómo afecta al análisis de la estructura.

$$\boxed{\Delta_1 > 1.2(\Delta_1 + \Delta_2)/2}$$

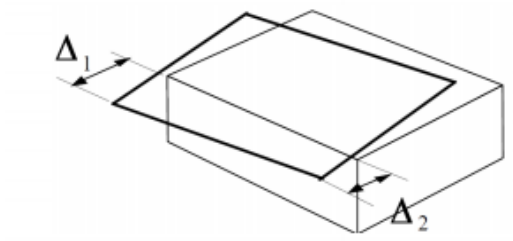
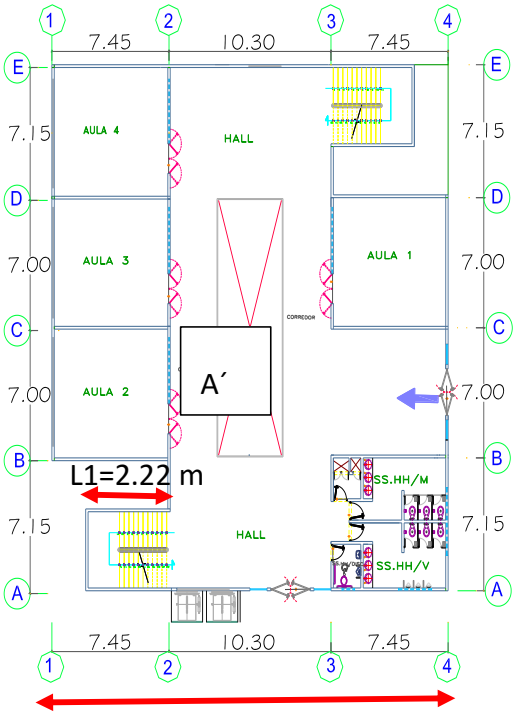


Figura 5-14: Desplazamientos

- **Esquinas entrantes:** Mayor del 20% del total .Si L1 < 0.2 L, se puede considerar Planta regular



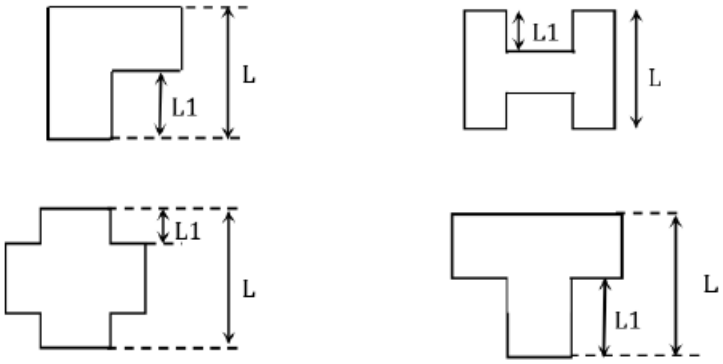


Figura 5-15: Entrantes y salientes

L1 < 0.2 L (planta regular)

2.22 < 0.2*(23.05)

2.22 < 4.61 (VERDADERO)

El edificio no presenta esquinas entrantes, con lo cual esta irregularidad queda descartada.

- **Discontinuidad del diafragma:** Discontinuidades abruptas o variaciones de rigidez. Áreas mayores al 50% del área bruta del diafragma

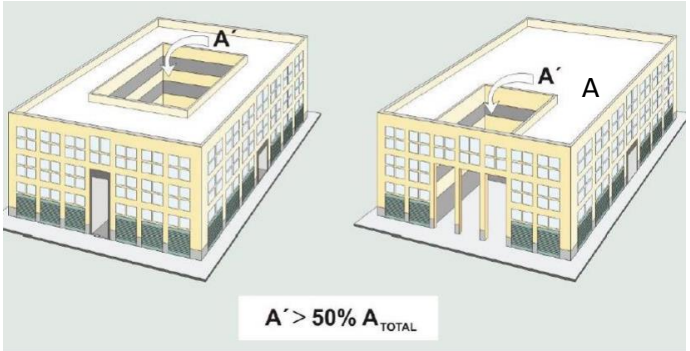


Figura 5-16: Discontinuidad de Diafragmas

A´ =58.37

$A_{TOTAL} = 656m^2$

$A^{\cdot} > 0.5 * A_{TOTAL}$

$58.38\, m^2 > 0.5 * 656m^2$

$58.38\, m^2 > 328\, m^2\ (FALSO)$

Por lo tanto no existe discontinuidad de diafragma

- **Sistemas no Paralelos**

Se tienen sistemas al 100% paralelo

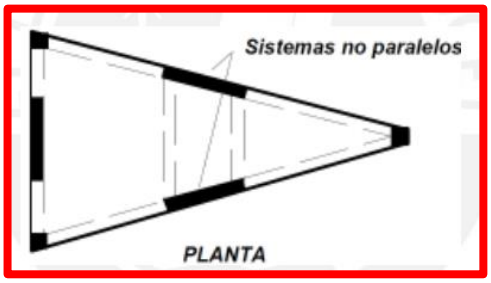


Figura 5-17: Elementos no paralelos

5.2.4 MODELO PARA EL ANÁLISIS

Para el análisis sísmico de la estructura se utilizó el programa ETABS mediante un modelo tridimensional del edificio donde los elementos verticales están conectados con diafragmas horizontales, los cuales se suponen infinitamente rígidos en sus planos. Además, para cada dirección, se ha considerado una excentricidad accidental de 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la acción de la fuerza. Así mismo cabe señalar que el programa se encuentra fundamentado en modelos matemáticos de alta complejidad, estos modelos son los que permiten a dichos programas poder llevar a cabo el análisis de las estructuras; dichos modelos son el método matricial y el método de los elementos finitos.

Este análisis permitió conocer el comportamiento de la estructura bajo solicitaciones sísmicas, ver si existe irregularidad torsional, verificar que las derivas máximas cumplan lo estipulado en la Norma E.030, además se obtendrán fuerzas internas de los diferentes elementos que conforman el sistema sismo resistente. Se realizará el análisis dinámico utilizando el procedimiento de combinación espectral.

5.2.4.1 Técnica de modelaje

Esta técnica modela los muros en forma espacial mediante una malla de elementos finitos (tipo “shell”), mientras que las vigas y columnas se modelan mediante barras (tipo frame).

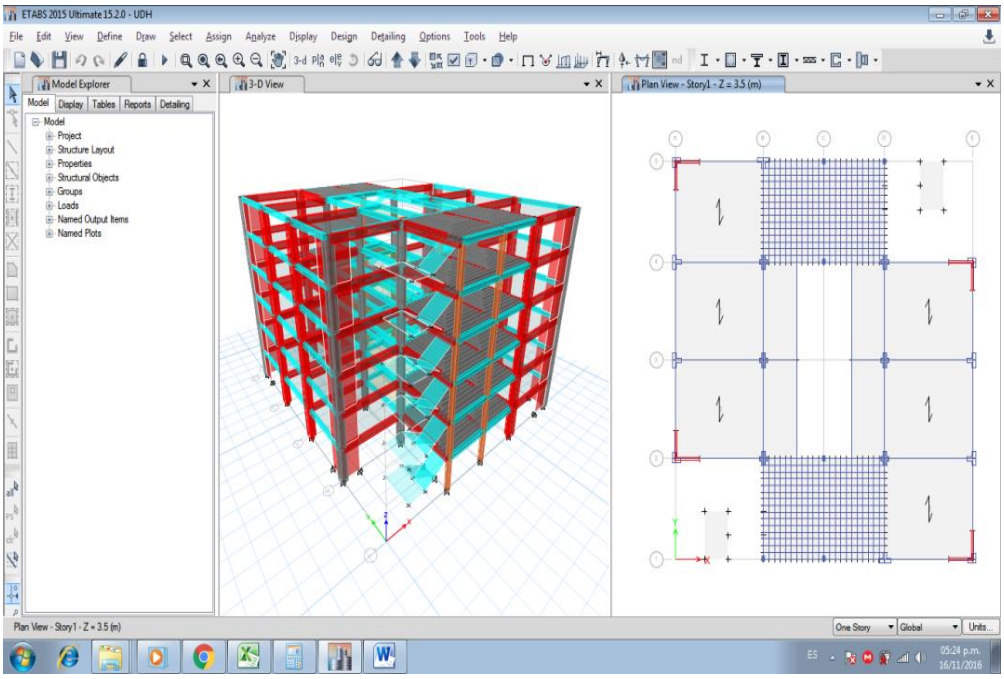
En esta técnica se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- En la intersección ortogonal de los elementos tipo frame (vigas y columnas), se consideró la rigidez que se origina, es por eso se consideró la restricción tipo End Offset, conocida como brazo rígido.
- La base de las columnas y placas es decir los apoyos se consideraron empotrados, dado que el terreno es de 4kg/cm^2

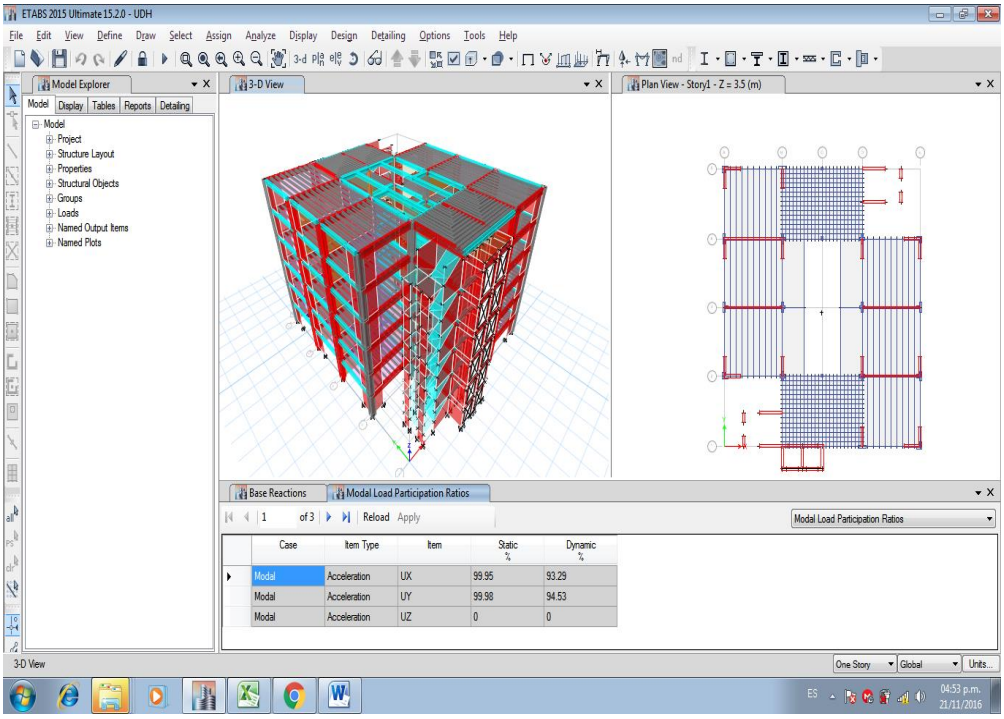
- Se consideró que los elementos utilizados para el análisis de la estructura, considera su propio peso para el computo de las fuerzas y masas.
- Los estados de carga considerados son el estado de carga muerta, viva, damero formados, sismo en la dirección X y sismo en la dirección Y.
- Se consideró las losas de espesor 5 cm como elementos tipo membrana debido a la mejor transmisión de cargas que genera hacia las vigas, además por la presencia de solo 3 grados de libertad para este tipo de sistemas estructurales.
- Cada piso fue considerado como un diafragma rígido, con 3 grados de libertad, dos de los cuales son de traslación horizontal (X-Y) y uno de rotación en el plano horizontal.
- Por cada nivel se consideran dos masas traslacionales y una rotacional.
- Se consideraron deformaciones por flexión, fuerza cortante y carga axial en los elementos. En el análisis se asumió que los elementos estructurales no presentan fisuramiento; es decir, no se consideraron factores que disminuyan las propiedades de la sección de los elementos estructurales.
- Las masas fueron obtenidas directamente por el programa ETABS 2015 ultimate 15.2.0, en base al modelo, a partir de las cargas aplicadas y peso propio de los elementos, considerando 100% carga muerta + 50% carga viva y 25% para el techo.

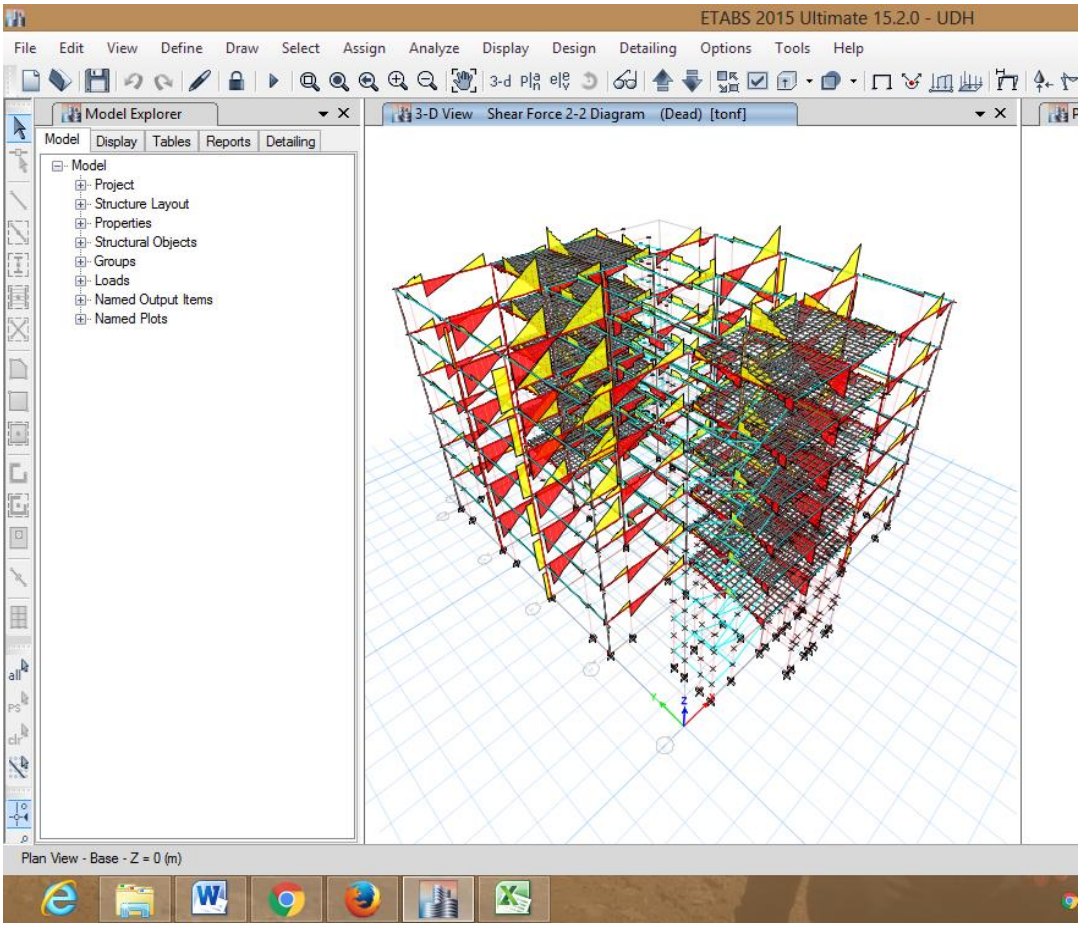
5.2.4.2 Creación del modelo

- ✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado

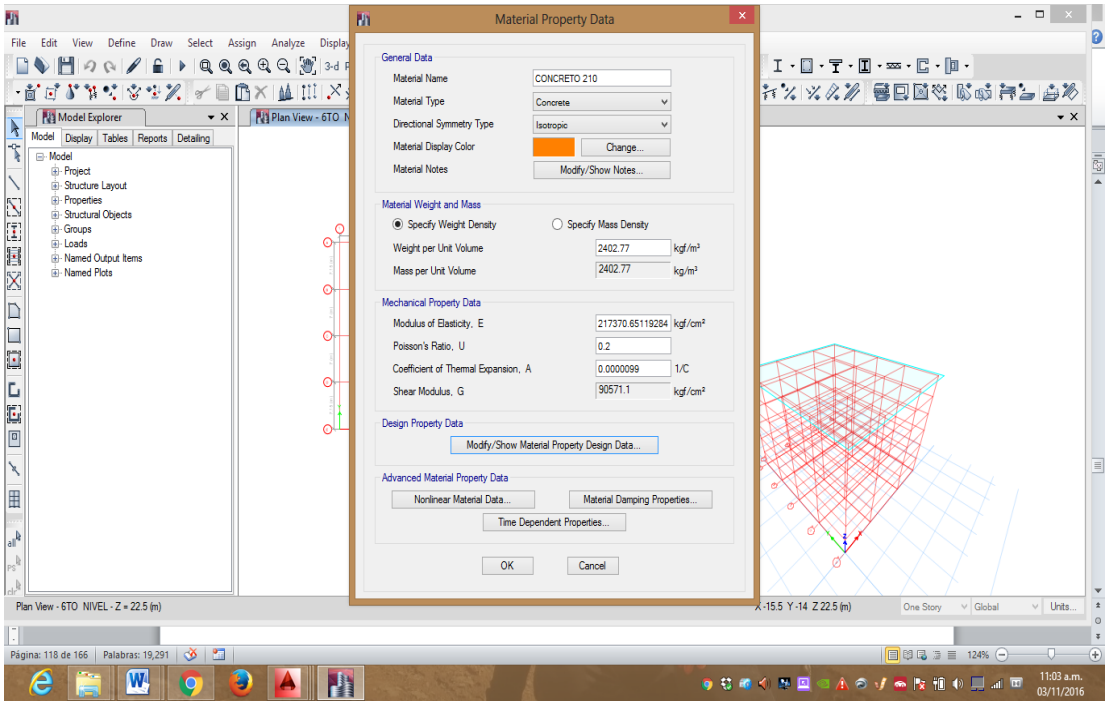


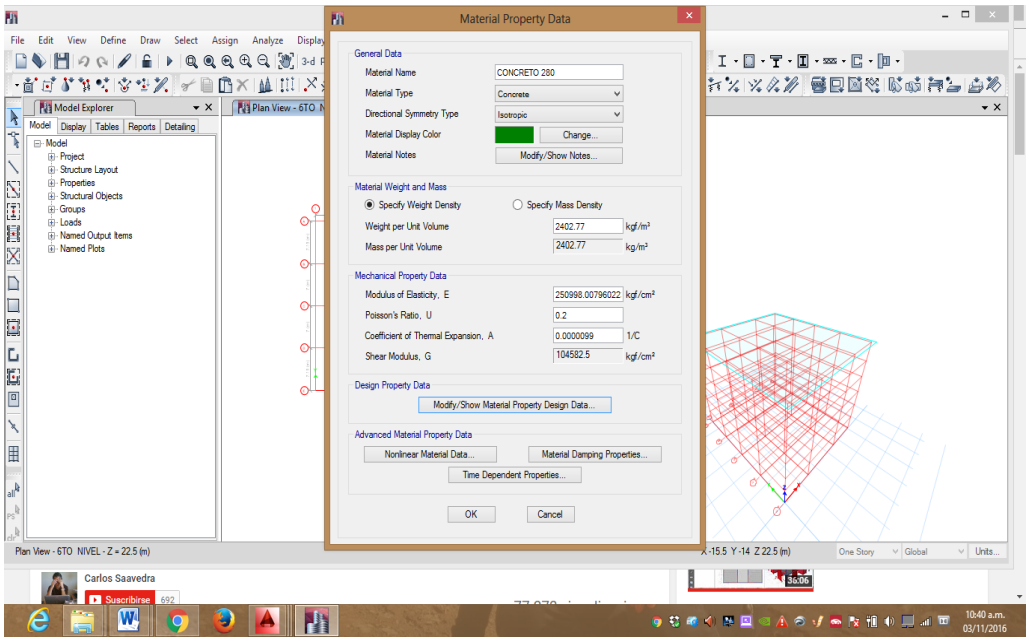
- ✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado

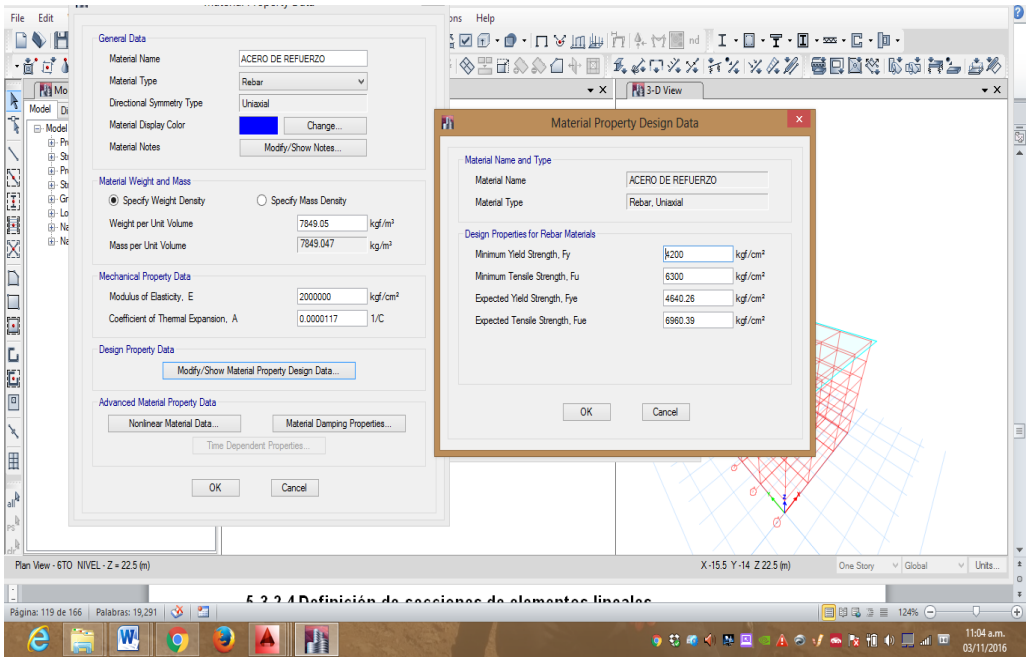




5.2.4.3 Definición de materiales





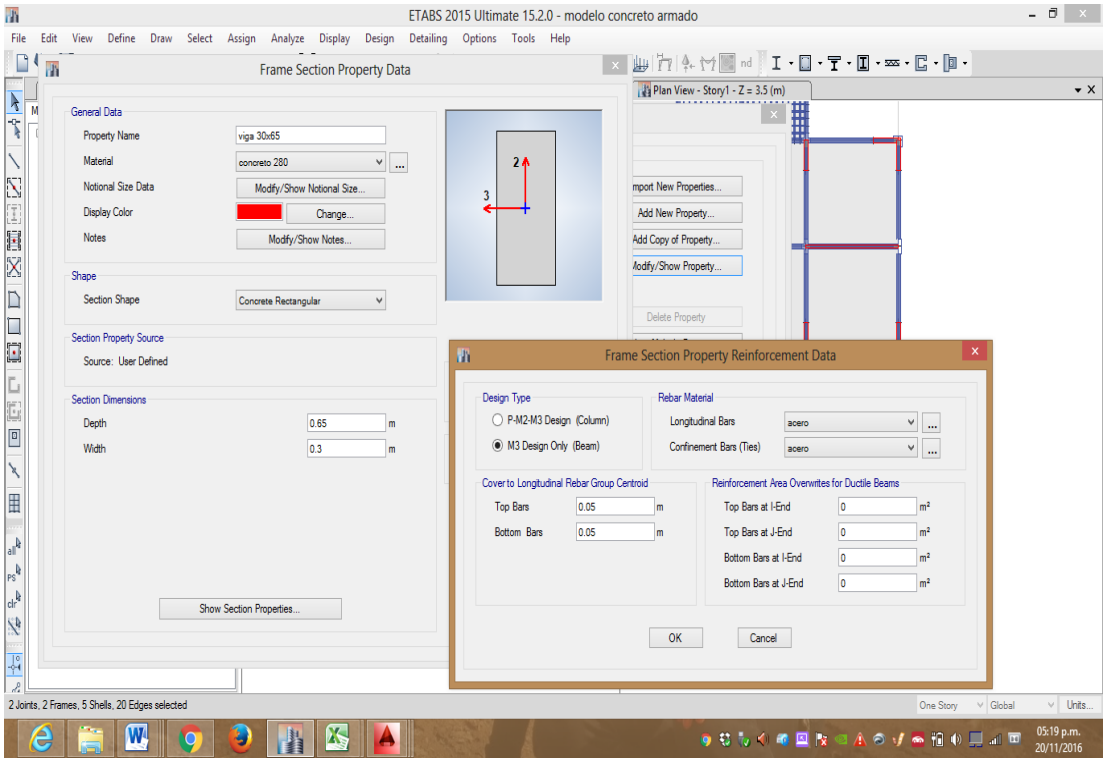


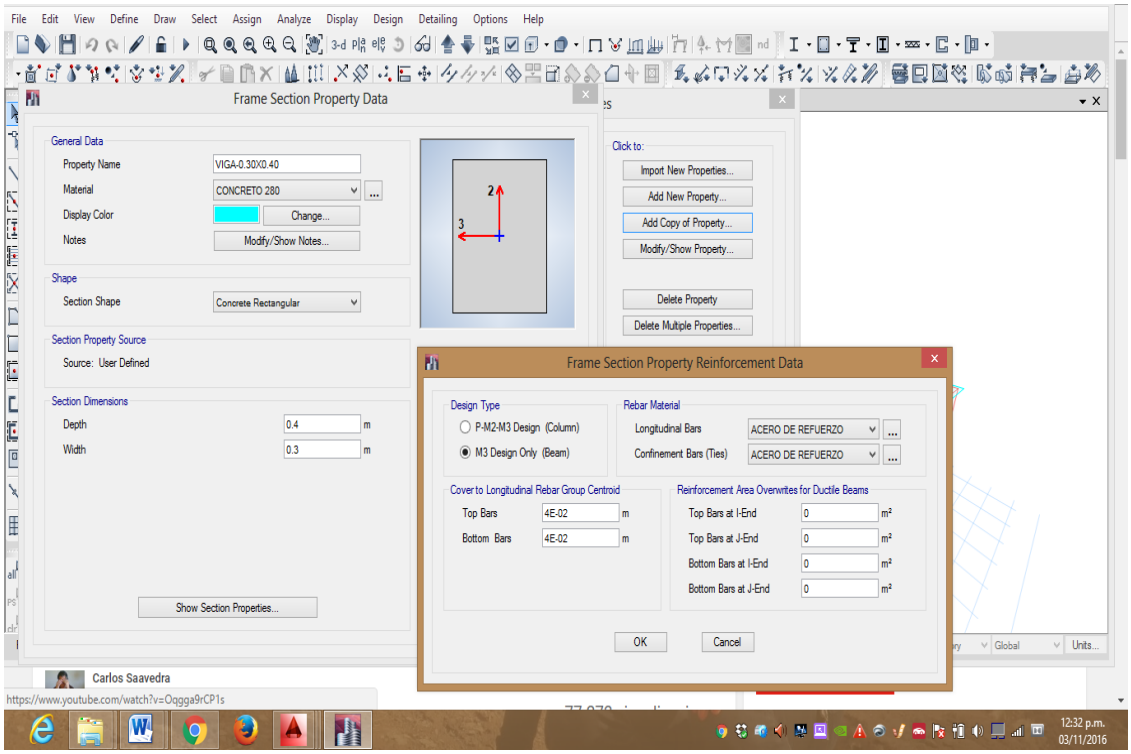
5.2.4.4 Definición de secciones de elementos lineales

VIGAS:

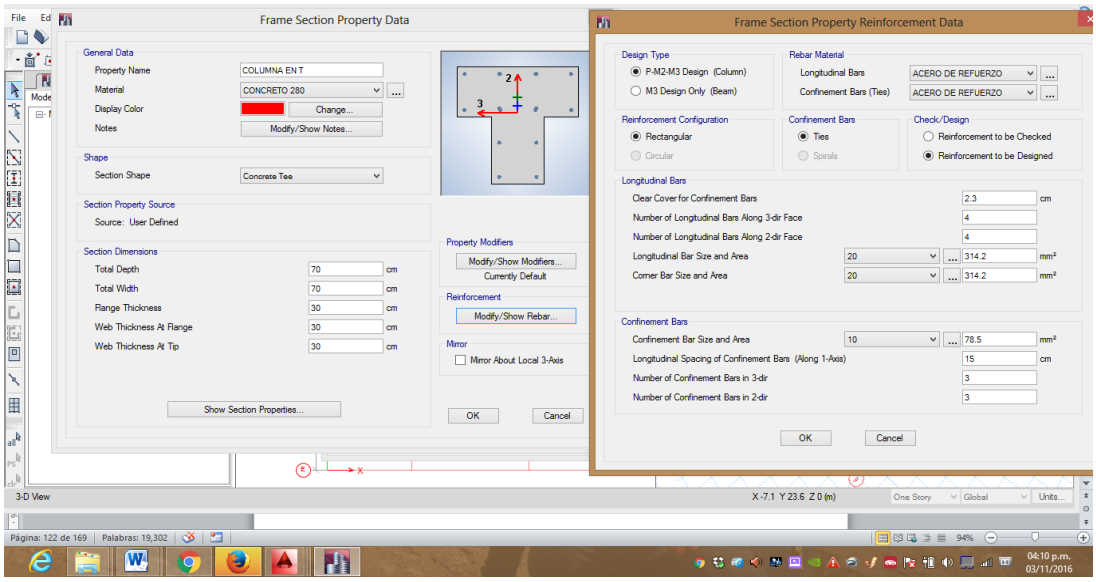
VP-0.30X0.65

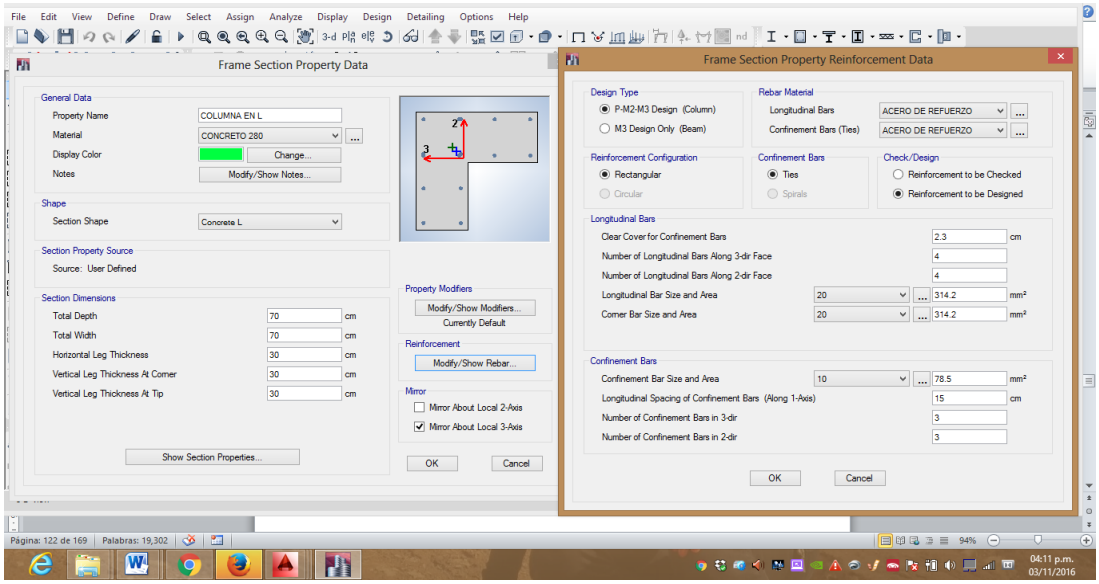
VW-0.30X0.40

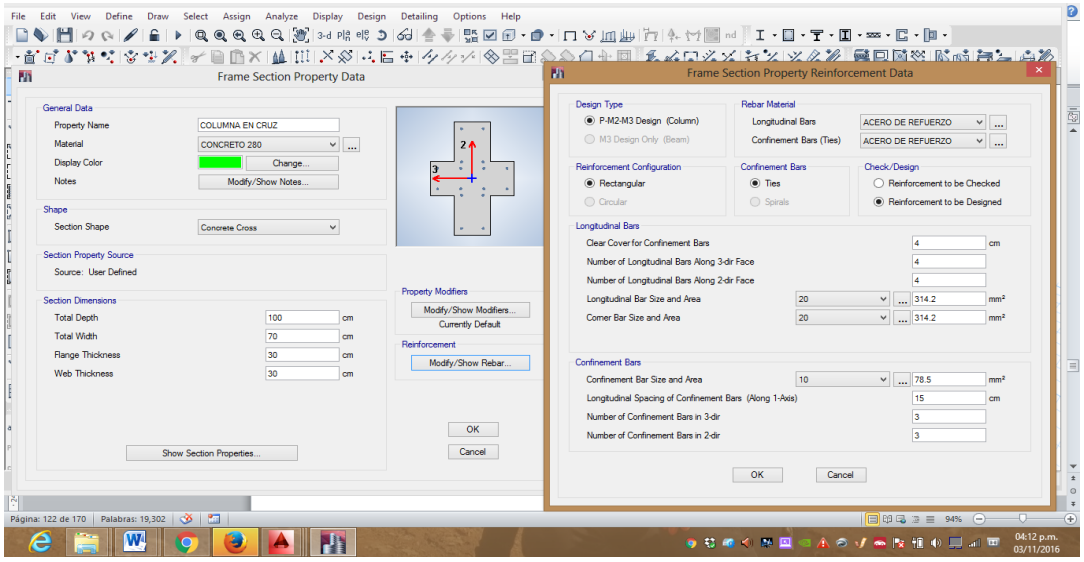

ETABS 2015 Ultimate 15.2.0 - modelo concreto armado
File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Detailing Options Tools Help
Frame Section Property Data
General Data
Property Name
viga 30x65
Material
concreto 280
Notional Size Data
Modify/Show Notional Size...
Display Color
Change...
Notes
Modify/Show Notes...
Shape
Section Shape
Concrete Rectangular
Section Property Source
Source: User Defined
Section Dimensions
Depth
0.65
m
Width
0.3
m
Show Section Properties...
Plan View - Story1 - Z = 3.5 (m)
Add New Property...
Add Copy of Property...
Delete Property
Frame Section Property Reinforcement Data
Design Type
P-M2-M3 Design (Column)
M3 Design Only (Beam)
Rebar Material
Longitudinal Bars
acero
Confinement Bars (Ties)
acero
Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid
Top Bars
0.05
Bottom Bars
0.05
Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams
Top Bars at I-End
Top Bars at J-End
Bottom Bars at I-End
Bottom Bars at J-End
OK
Cancel
2 Joints, 2 Frames, 5 Shells, 20 Edges selected
05:19 p.m.
20/11/2016


File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Detailing Options Help
Frame Section Property Data
General Data
Property Name
VIGA-0.30X0.40
Material
CONCRETO 280
Display Color
Change...
Notes
Modify/Show Notes...
Shape
Section Shape
Concrete Rectangular
Section Property Source
Source: User Defined
Section Dimensions
Depth
0.4
m
Width
0.3
m
Show Section Properties...
Click to:
Import New Properties...
Add New Property...
Add Copy of Property...
Modify/Show Property...
Delete Property
Delete Multiple Properties...
Frame Section Property Reinforcement Data
Design Type
P-M2-M3 Design (Column)
M3 Design Only (Beam)
Rebar Material
Longitudinal Bars
ACERO DE REFUERZO
Confinement Bars (Ties)
ACERO DE REFUERZO
Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid
Top Bars
4E-02
Bottom Bars
4E-02
Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams
Top Bars at I-End
Top Bars at J-End
Bottom Bars at I-End
Bottom Bars at J-End
OK
Cancel
Carlos Saavedra
https://www.youtube.com/watch?v=Oqgga9rCP1s
12:32 p.m.
03/11/2016

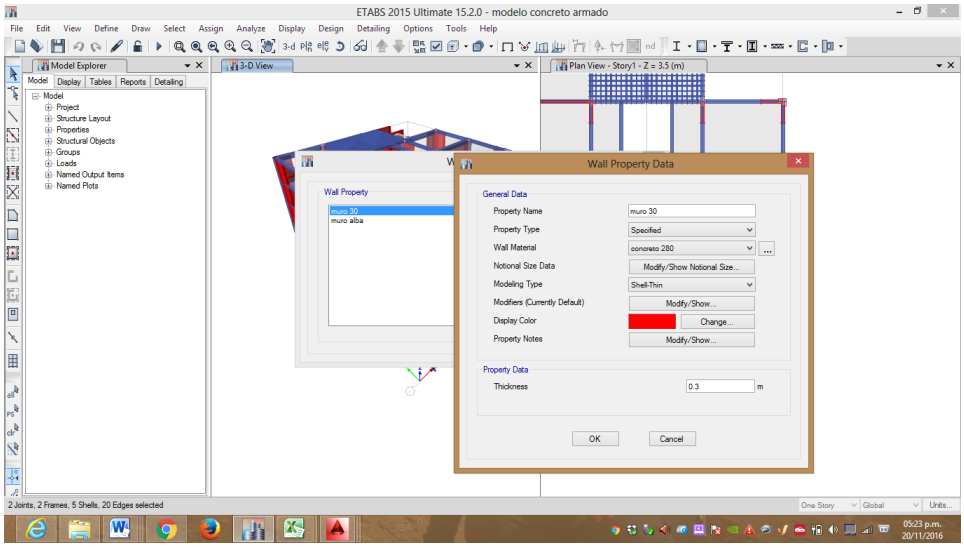
COLUMNAS


Frame Section Property Data
General Data
Property Name
COLUMNA EN T
Material
CONCRETO 280
Display Color
Change...
Notes
Modify/Show Notes...
Shape
Section Shape
Concrete Tee
Section Property Source
Source: User Defined
Section Dimensions
Total Depth 70 cm
Total Width 70 cm
Flange Thickness 30 cm
Web Thickness At Flange 30 cm
Web Thickness At Tip 30 cm
Show Section Properties...
Property Modifiers
Modify/Show Modifiers...
Currently Default
Reinforcement
Modify/Show Rebar...
Mirror
Mirror About Local 3-Axis
OK
Cancel
Frame Section Property Reinforcement Data
Design Type
P-M2-M3 Design (Column)
M3 Design Only (Beam)
Rebar Material
Longitudinal Bars
ACERO DE REFUERZO
Confinement Bars (Ties)
ACERO DE REFUERZO
Reinforcement Configuration
Rectangular
Circular
Confinement Bars
Ties
Spirals
Check/Design
Reinforcement to be Checked
Reinforcement to be Designed
Longitudinal Bars
Clear Cover for Confinement Bars 2.3 cm
Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face 4
Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face 4
Longitudinal Bar Size and Area 20 314.2 mm²
Corner Bar Size and Area 20 314.2 mm²
Confinement Bars
Confinement Bar Size and Area 10 78.5 mm²
Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis) 15 cm
Number of Confinement Bars in 3-dir 3
Number of Confinement Bars in 2-dir 3
OK
Cancel

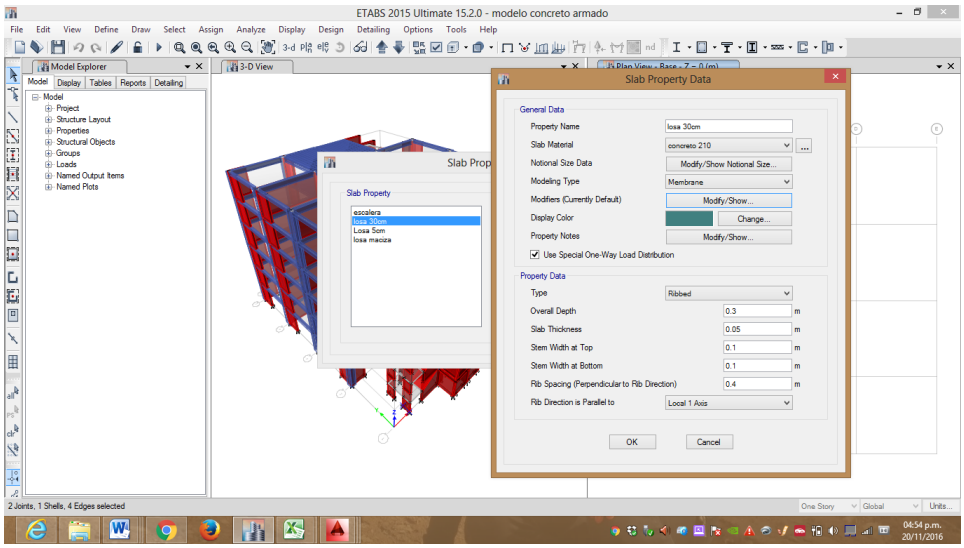

File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Detailing Options Help
Frame Section Property Data
General Data
Property Name
COLUMNA EN L
Material
CONCRETO 280
Display Color
Change...
Notes
Modify/Show Notes...
Shape
Section Shape
Concrete L
Section Property Source
Source: User Defined
Section Dimensions
Total Depth 70 cm
Total Width 70 cm
Horizontal Leg Thickness 30 cm
Vertical Leg Thickness At Corner 30 cm
Vertical Leg Thickness At Tip 30 cm
Show Section Properties...
Property Modifiers
Modify/Show Modifiers...
Currently Default
Reinforcement
Modify/Show Rebar...
Mirror
Mirror About Local 2-Axis
Mirror About Local 3-Axis
OK
Cancel
Frame Section Property Reinforcement Data
Design Type
P-M2-M3 Design (Column)
M3 Design Only (Beam)
Rebar Material
Longitudinal Bars
ACERO DE REFUERZO
Confinement Bars (Ties)
ACERO DE REFUERZO
Reinforcement Configuration
Rectangular
Circular
Confinement Bars
Ties
Spirals
Check/Design
Reinforcement to be Checked
Reinforcement to be Designed
Longitudinal Bars
Clear Cover for Confinement Bars 2.3 cm
Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face 4
Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face 4
Longitudinal Bar Size and Area 20 314.2 mm²
Corner Bar Size and Area 20 314.2 mm²
Confinement Bars
Confinement Bar Size and Area 10 78.5 mm²
Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis) 15 cm
Number of Confinement Bars in 3-dir 3
Number of Confinement Bars in 2-dir 3
OK
Cancel

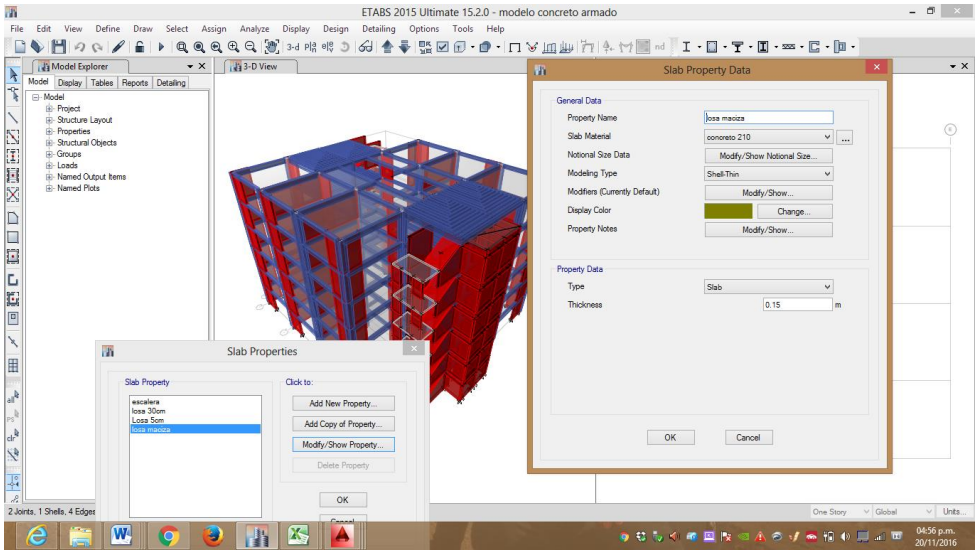

File Edit View Define Draw Select Assign Analyze Display Design Detailing Options Help
Frame Section Property Data
General Data
Property Name
COLUMNA EN CRUZ
Material
CONCRETO 280
Display Color
Change...
Notes
Modify/Show Notes...
Shape
Section Shape
Concrete Cross
Section Property Source
Source: User Defined
Section Dimensions
Total Depth 100 cm
Total Width 70 cm
Flange Thickness 30 cm
Web Thickness 30 cm
Show Section Properties...
Property Modifiers
Modify/Show Modifiers...
Currently Default
Reinforcement
Modify/Show Rebar...
OK
Cancel
Frame Section Property Reinforcement Data
Design Type
P-M2-M3 Design (Column)
M3 Design Only (Beam)
Rebar Material
Longitudinal Bars
ACERO DE REFUERZO
Confinement Bars (Ties)
ACERO DE REFUERZO
Reinforcement Configuration
Rectangular
Circular
Confinement Bars
Ties
Spirals
Check/Design
Reinforcement to be Checked
Reinforcement to be Designed
Longitudinal Bars
Clear Cover for Confinement Bars 4 cm
Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face 4
Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face 4
Longitudinal Bar Size and Area 20 314.2 mm²
Corner Bar Size and Area 20 314.2 mm²
Confinement Bars
Confinement Bar Size and Area 10 78.5 mm²
Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis) 15 cm
Number of Confinement Bars in 3-dir 3
Number of Confinement Bars in 2-dir 3
OK
Cancel

MUROS DE CORTE

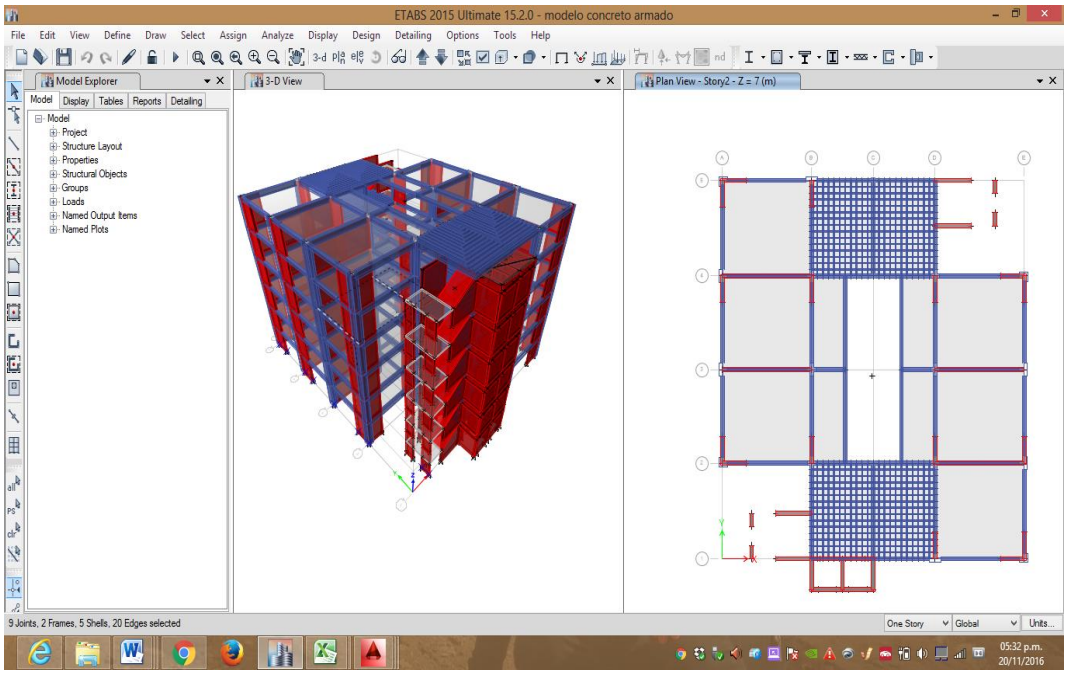


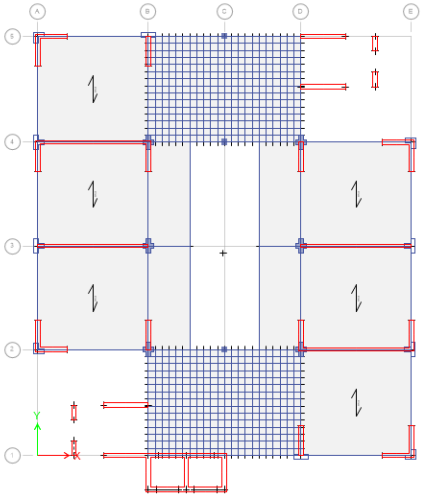
5.2.4.5 Definición de secciones de elementos área





5.2.4.6 Asignación de elementos lineales y de área



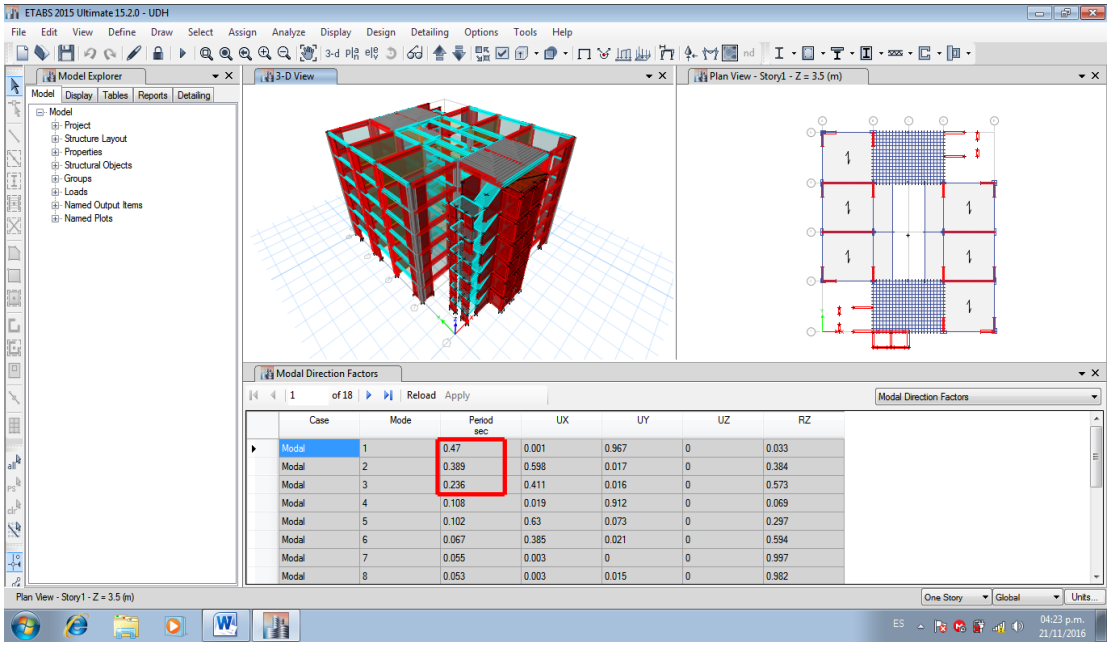


5.2.5 RECOLECCIÓN DE DATOS

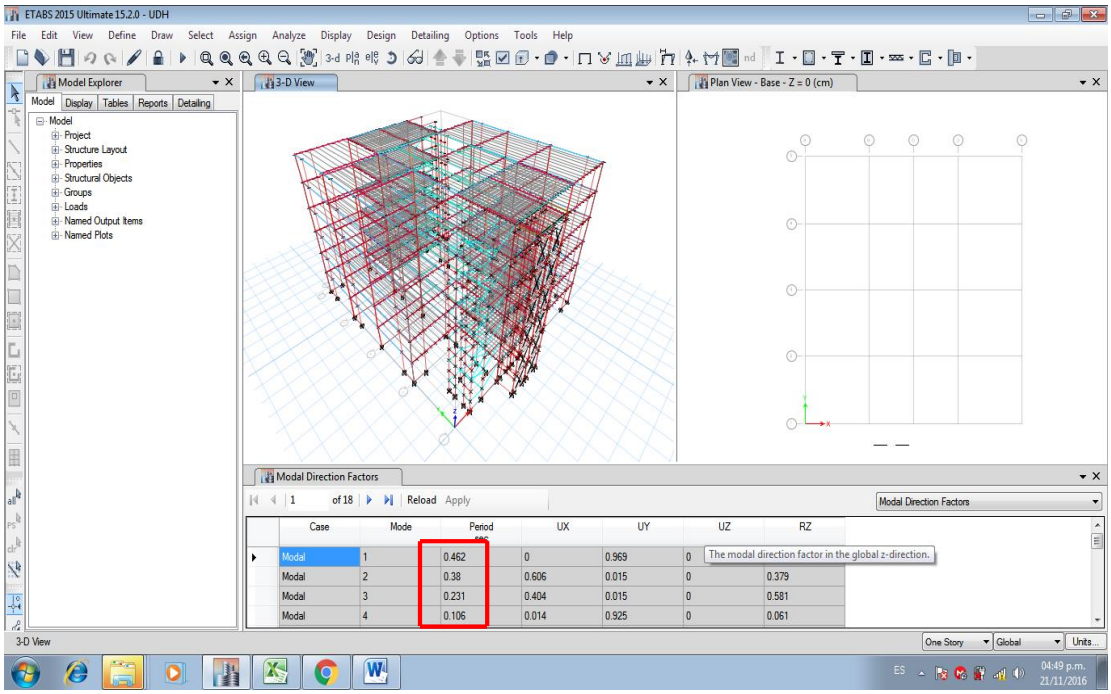
5.2.5.1 Periodos de Vibración

- ✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado

  Se obtienen los periodos para el caso modal, en donde se verifican los tres principales



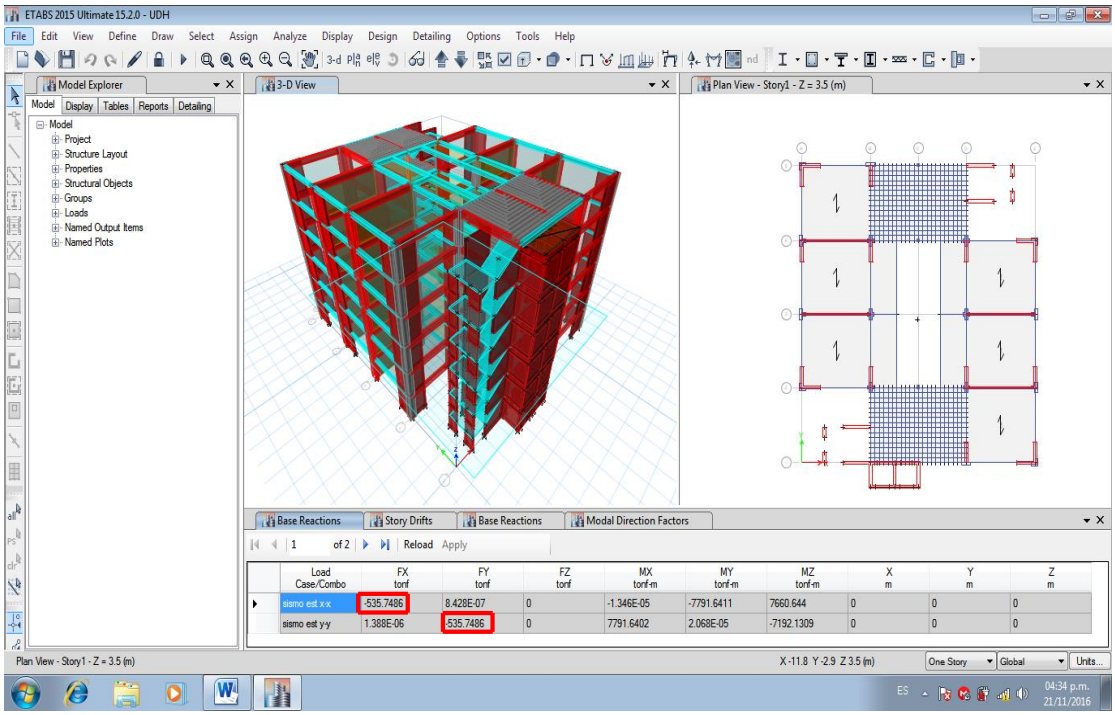
- ✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado.



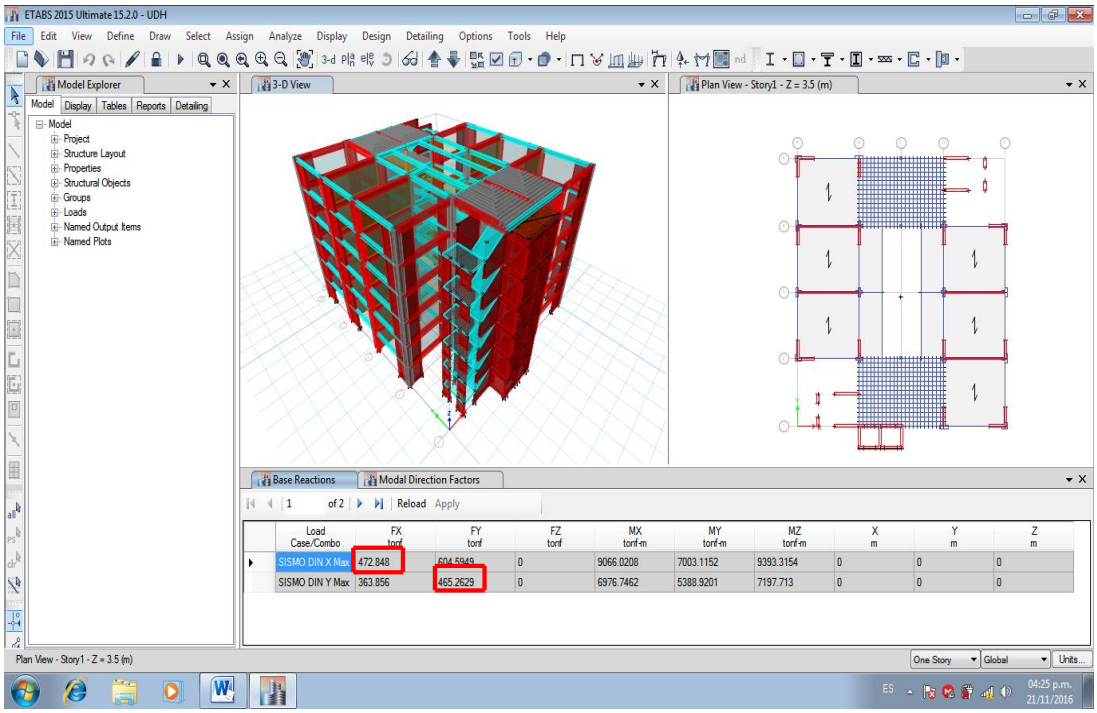
5.2.5.2 Cortante Basal

✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado

Determinamos el cortante en la base para un caso estatico en ambos sentito X e Y.

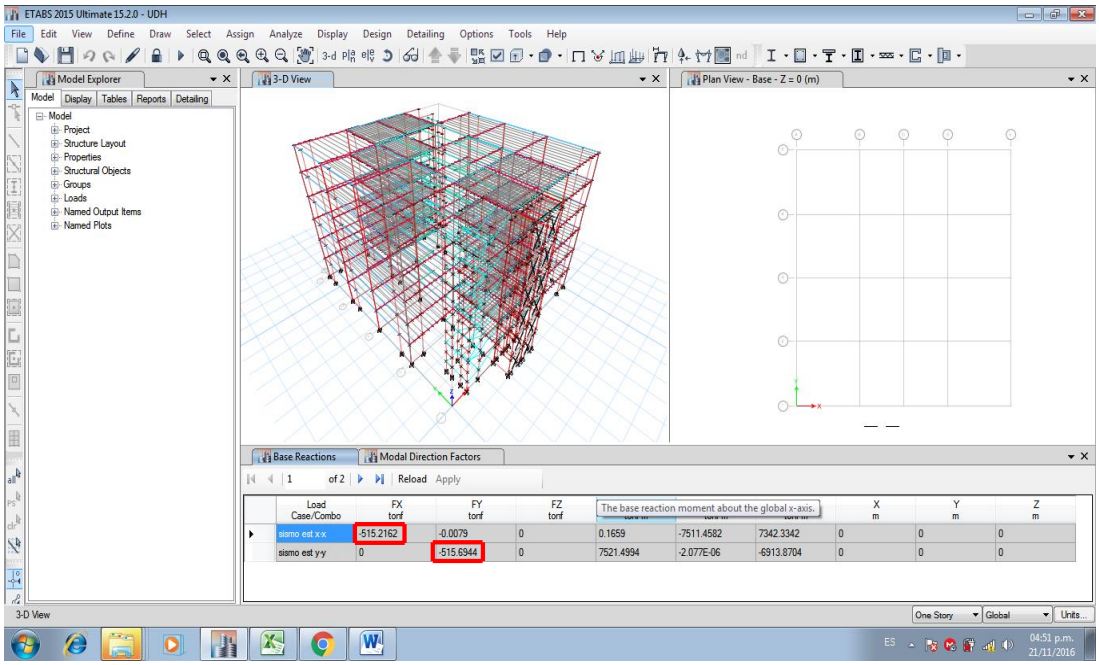


Determinamos el cortante basal para un caso dinamico en ambos sentito X e Y

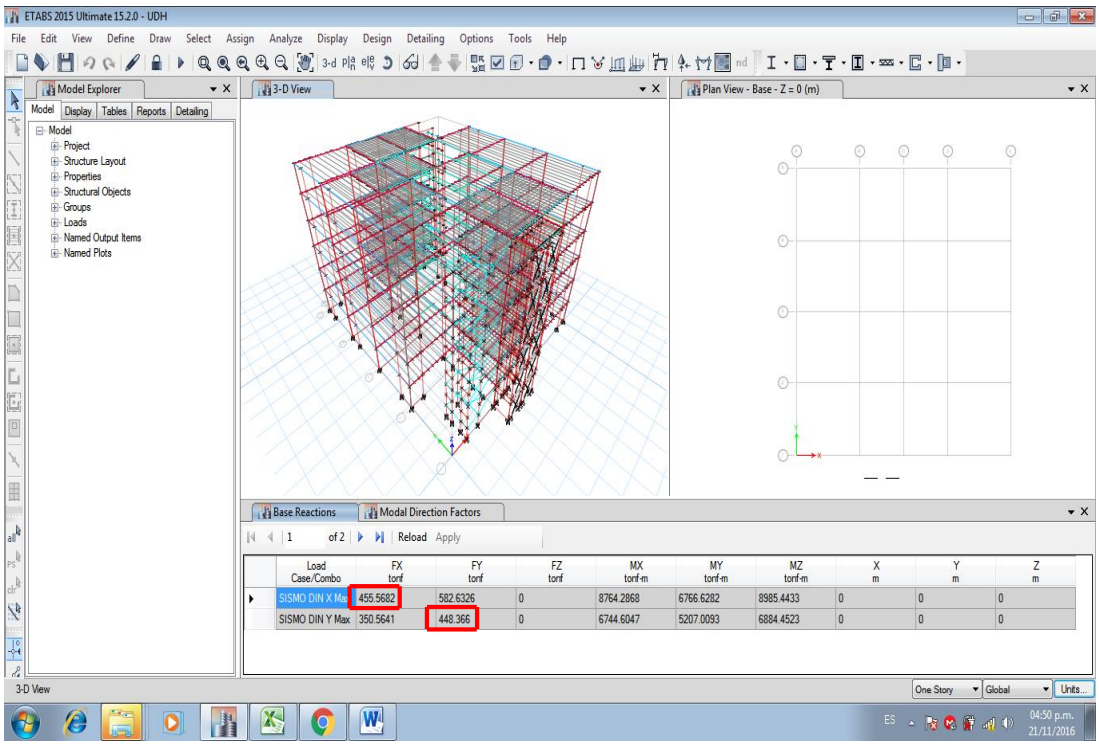


- ✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado

Determinamos el cortante en la base para un caso estatico en ambos sentito X e Y



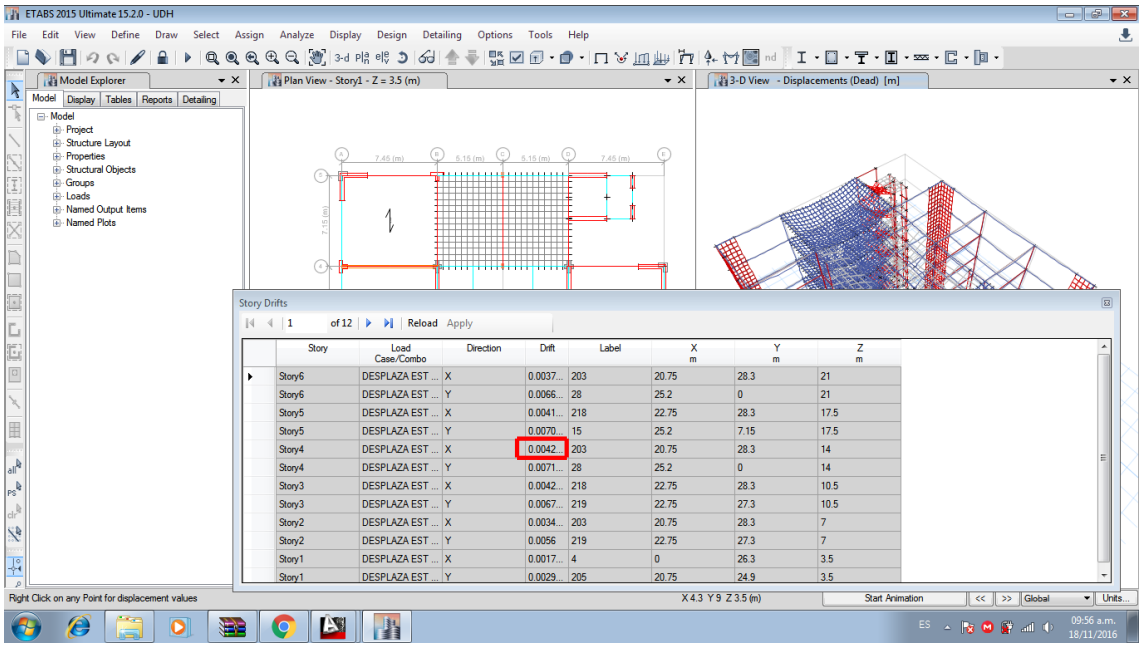
Determinamos el cortante basal para un caso dinamico en ambos sentito X e Y



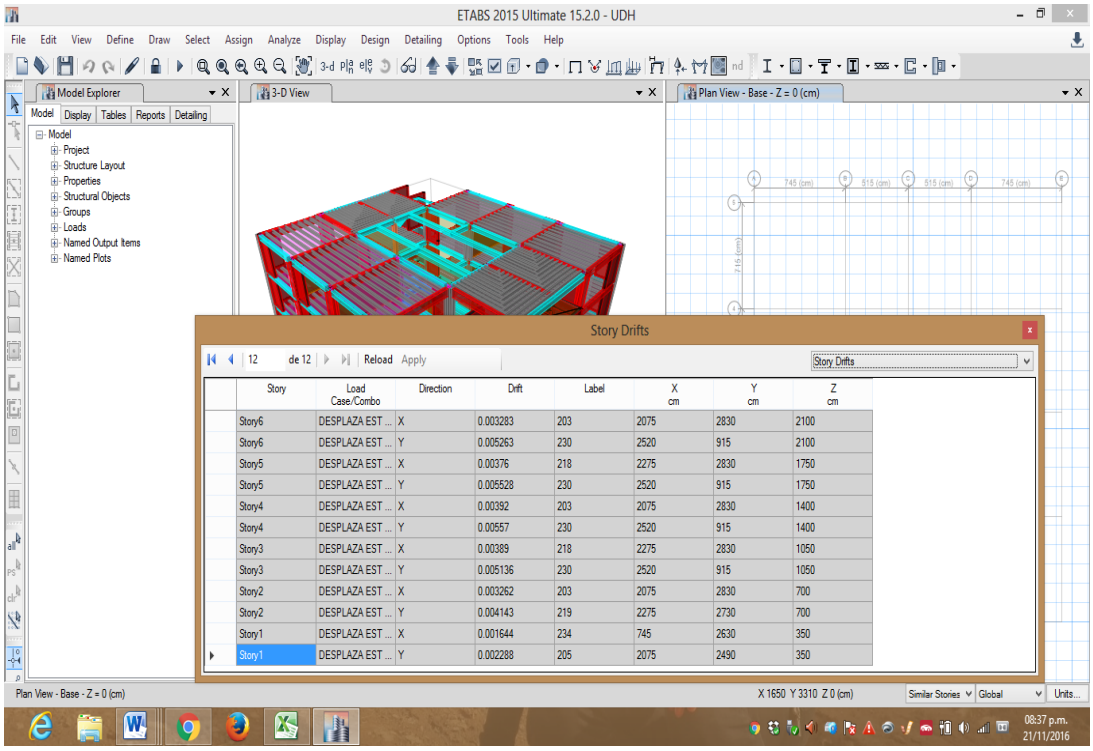
5.2.5.3 Desplazamientos máximos

✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado

Verififcando desplazamientos para un analisis sismico estatico, Para nuestra estructura a analizar debemos obtener valores menores a 0.007

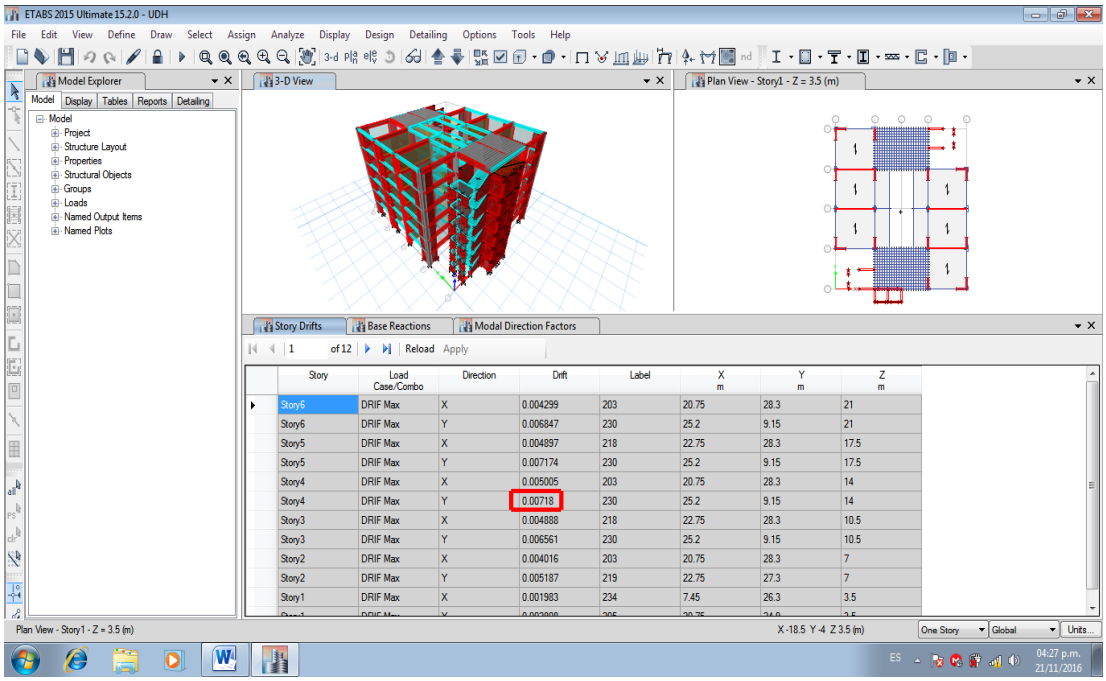


✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado

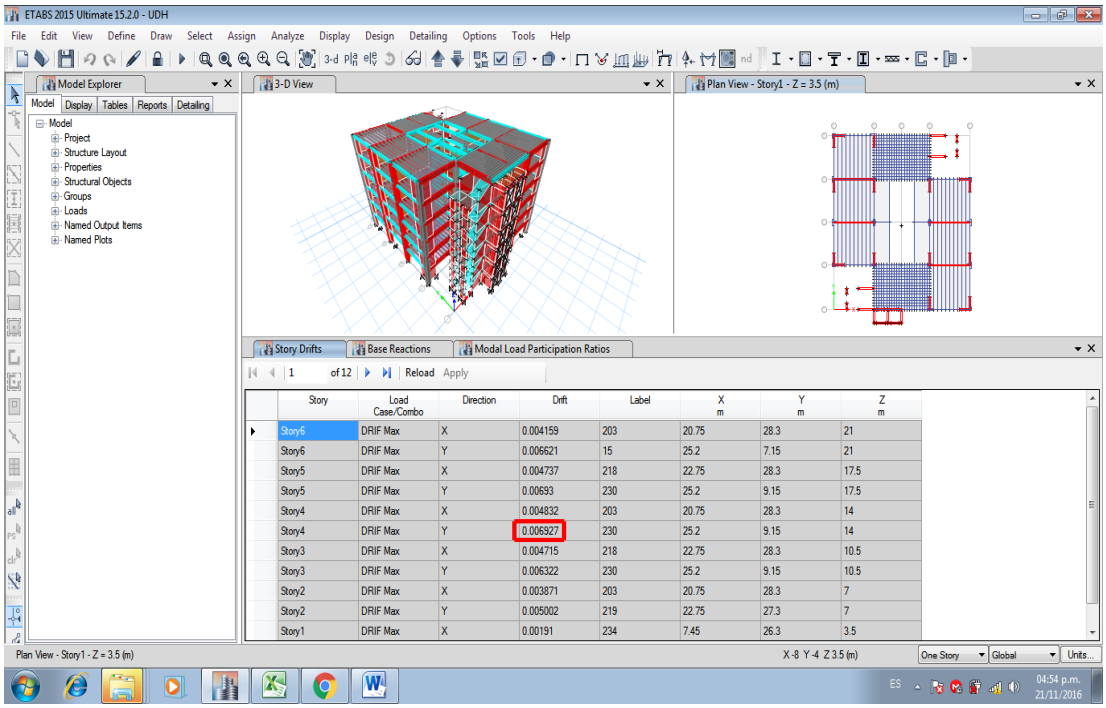


5.2.5.4 Derivas máximas

- ✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado.

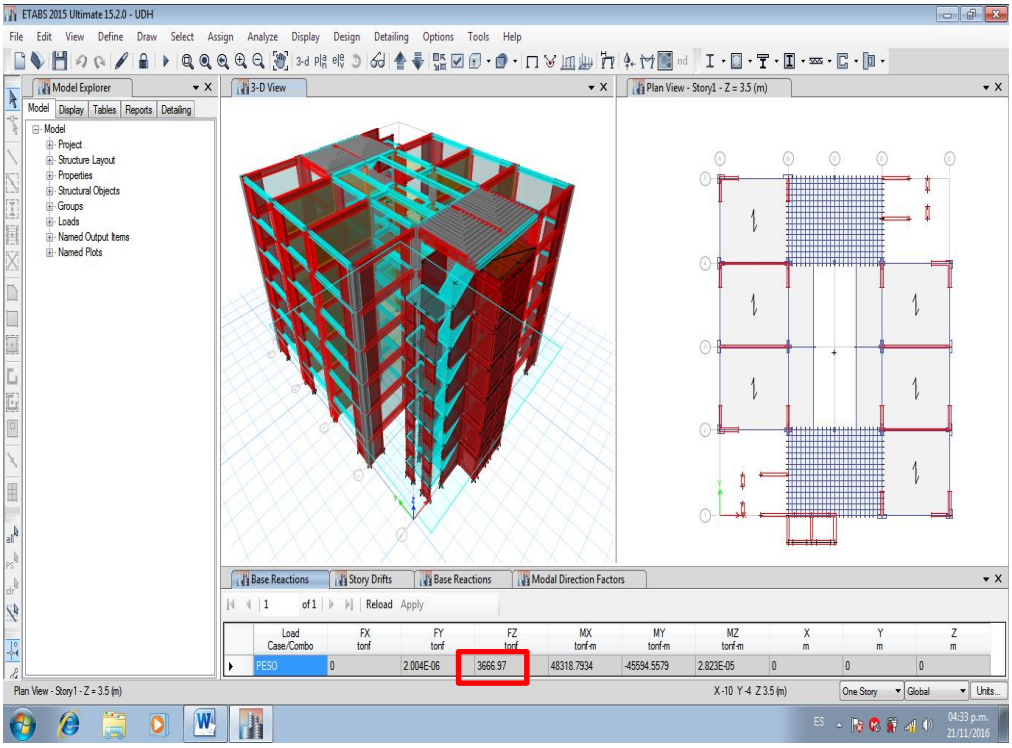


- ✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado.

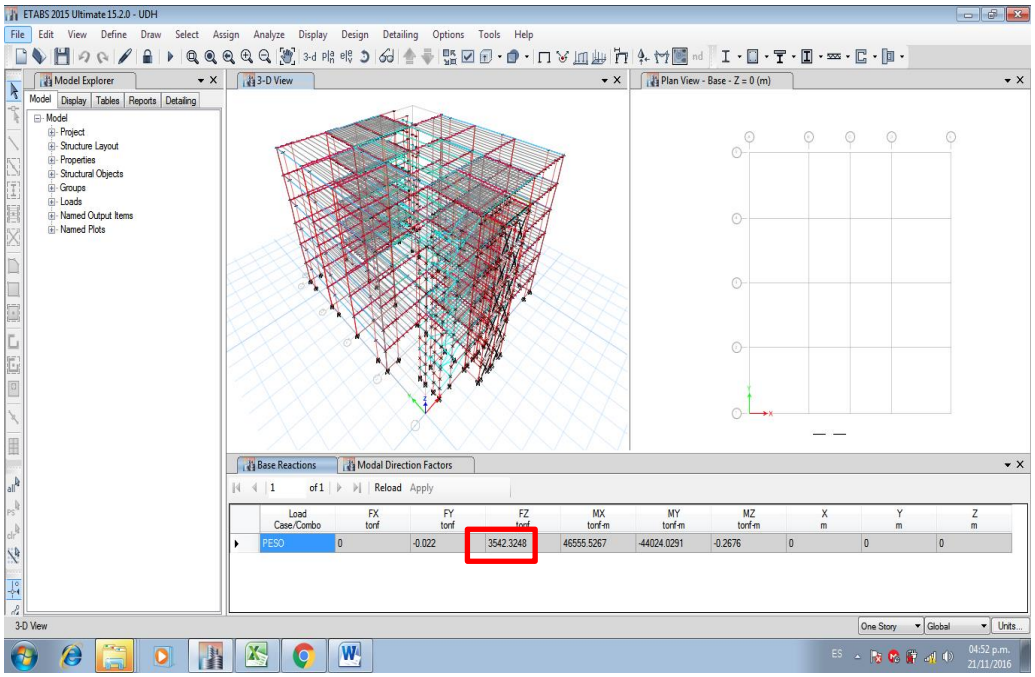


5.2.5.5 Pesos

- ✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado.



- ✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado



5.2.6 ANÁLISIS ESTÁTICO

Consiste en representar el sismo en el edificio mediante fuerzas estáticas horizontales aplicadas en los centros de gravedad de cada piso. La norma permite usar este análisis, pero indica que puede usarse para edificios regulares y de baja altura.

A continuación se muestran los pesos de cada uno de los niveles tal como se consideró en el acápite 5.2 y que han sido consideradas (obtenidas) por el programa ETABS.

$$F_i = \frac{P\ x\ h}{\sum P\ x\ h}\ x\ V$$

✓ Sistema de losas aligeradas con concreto armado

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R}.P = 491{,}1120$$

Z=	0,25
U=	1,5
S=	1
C=	2,5
R=	7
P=	3666,97

TABLA 5-11: FUERZAS DE ANÁLISIS ESTÁTICO (SISTEMA CONVENCIONAL)

N° de Piso	H	P(Ton)	PXH	F (Ton)	V
6	21	547,0344	11488	127,505888	127,505888
5	17.5	623,9871	10920	121,202051	248,70794
4	14	623,9871	8735,8	96,9616409	345,669581
3	10.5	623,9872	6551,9	72,7212423	418,390823
2	7	623,9871	4367,9	48,4808205	466,871643
1	3.5	623,9871	2184	24,2404102	491,112054
		3666.97	44247	491, 12054	

✓ Sistema de losas aligeradas con viguetas prefabricada de acero galvanizado

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R}.P = 474{,}4185\ \text{tn}$$

Z=	0,25
U=	1,5
S=	1
C=	2,5
R=	7
P=	3542,3248

TABLA 5-12: FUERZAS DE ANÁLISIS ESTÁTICO (SISTEMA VIGUETAS DE ACERO)

N° de Piso	H	P (Ton)	PXH	F (Ton)	V (Ton)
6	21	544,67148	11438,1011	126,450922	126,450922
5	17,5	599,53067	10491,7867	115,989192	242,440115
4	14	599,53067	8393,42938	92,7913539	335,231468
3	10,5	599,53067	6295,07204	69,5935154	404,824984
2	7	599,53068	4196,71476	46,3956777	451,220662
1	3,5	599,53067	2098,35735	23,1978385	474,4185
		3542,32484	42913,4613	474,4185	

5.2.7 ANÁLISIS DINÁMICO

En este tipo de análisis los códigos permiten el análisis modal espectral, y el análisis Tiempo – Historia, para cualquier edificación. El primero de ellos es el más utilizado y consiste en la aplicación de las fuerzas sísmicas a la estructura, deducidas en base a un espectro de aceleraciones.

Este método implica el uso simultáneo de modos de vibrar, pero en la mayoría de los códigos se establece como requisito que se considere al menos un número de modos, tal que se garantice que el 90% de las masas efectivas de la estructura de la estructura participen en el cálculo de la respuesta, para cada dirección horizontal principal. La respuesta hallada para cada modo, debe ser combinada luego por algún criterio de combinación como por ejemplo la combinación cuadrática completa (CQC) o la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (RCSC).este tipo de análisis es muy fácil de emplear hoy en día con la ayuda de programas de cómputo.

5.2.7.1 Masas efectivas

Utilizando la combinación Cuadrática Completa (CQC) se obtuvo mediante el programa ETABS 2015 los diferentes modos y frecuencias, los más representativos se muestran en la tabla considerando tres modos por piso. Se puede apreciar claramente los modos de vibración de mayor importancia del edificio para cada

dirección, resaltándose sus respectivos periodos y masas participantes. Estas masas indican la importancia de cada modo, según la norma E.030 se debe de emplear por lo menos los tres primeros modos predominantes en cada dirección y además la suma de las masas efectivas debe de ser mayor al 90% de la masa total en cada una de las direcciones.

TABLA 5-13: PARTICIPACIÓN DE MASAS EN ABBAS DIRECCIONES (SISTEMA CONVENCIONAL)

Modo	Period	Participación en:	
	(s)	X	Y
1	0,47	0,04	67,67
2	0,389	43,34	1,23
3	0,236	29,66	1,14
4	0,108	0,26	16,49
5	0,102	9,66	1,31
6	0,067	6,24	0,34
7	0,055	0,05	0,001992
8	0,053	0,01	0,02
9	0,051	0,08	0,01
10	0,05	0,03	0,01
11	0,049	0,04	2,72
12	0,048	1,6	0,25
13	0,047	0,04	0,01
14	0,047	0,06	0,02
15	0,046	2,05	0,05
16	0,043	0,1	3,2
17	0,04	0,05	0,07
18	0,039	0,02	0,02
		93,33	94561992

Como se tiene 93,33% y 94,56% y es mayor del 90% entonces verifica

TABLA 5-14: PARTICIPACIÓN DE MASAS EN AMBAS DIRECCIONES (SISTEMA CON VIGUETAS DE ACERO)

Mode	Period	Participación en	
	(s)	X	Y
1	0,462	0,03	67,8
2	0,38	43,84	1,09
3	0,231	29,12	1,13
4	0,106	0,19	16,74
5	0,1	9,86	1,06
6	0,066	6,05	0,33

7	0,055	0,07	0,002139
8	0,053	0,01	0,03
9	0,051	0,09	0,01
10	0,05	0,03	0,002746
11	0,049	0,02	2,39
12	0,047	0,84	0,21
13	0,047	0,03	0,01
14	0,047	0,08	0,03
15	0,045	2,87	0,03
16	0,042	0,1	3,48
17	0,04	0,05	0,1
18	0,039	0,02	0,08
		93,3	94,524885

Como se tiene 93,33% y 94,52% y es mayor del 90% entonces verifica

5.2.8 ACELERACIÓN ESPECTRAL

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES

Ing. Aldo Greco Nuñonca Herrera
FIC - UNSAAC

Tabla N°1 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z
	ZONA 2	0.25

Tabla N°3 y N°4 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	TP	TL
	S1	Roca o Suelos Muy Rigidos	1.00	0.40	2.50

Tabla N°5 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES
	"A2" Edificaciones Esenciales	1.50	Revisar tabla N°6 E030-2014

Tabla N°7 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL"R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL	RO
	DIR X-X	Sistema Dual	7
	DIR Y-Y	Sistema Dual	7

Tabla N°8 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA			Ia Dir X-X	Ia Dir Y-Y
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	☐ AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	☐ AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	☐ AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	**Se toma el valor mas critico**		**1.00**	**1.00**

Tabla N°9 (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA			Ip Dir X-X	Ip Dir Y-Y
Irregularidad Torsional	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	☐ AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	☐ DIR X-X	☐ DIR Y-Y	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	**Se toma el valor mas critico**		**1.00**	**1.00**

CALCULO DE ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES (NORMA E030-2014/DS-003-2016)

SOLO COMPLETAR LAS LISTAS DESPLEGABLES Y CASILLAS DISPONIBLES

RESUMEN

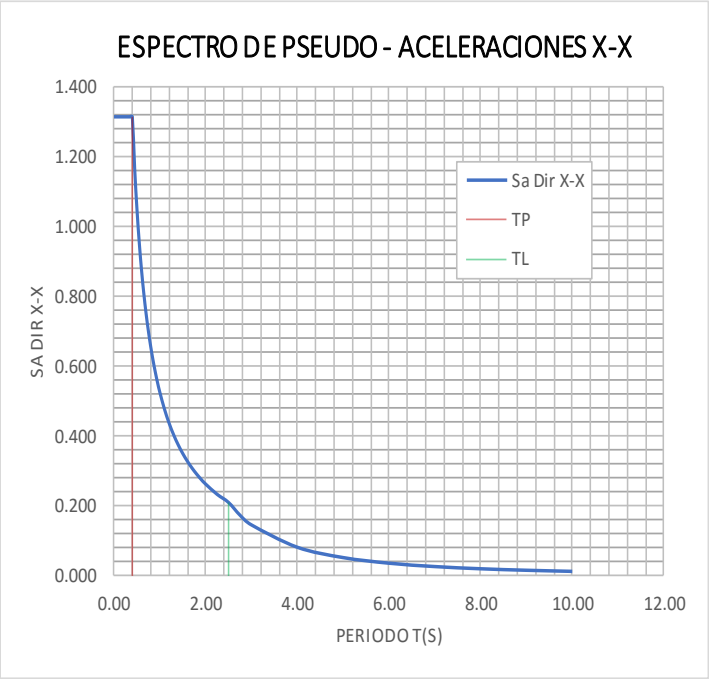
DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0.25	Ro	7	7
U	1.50	Ia	1.00	1.00
S	1.00	Ip	1.00	1.00
TP	0.40	R	7	7
TL	2.50	g	9.81 m/s2	

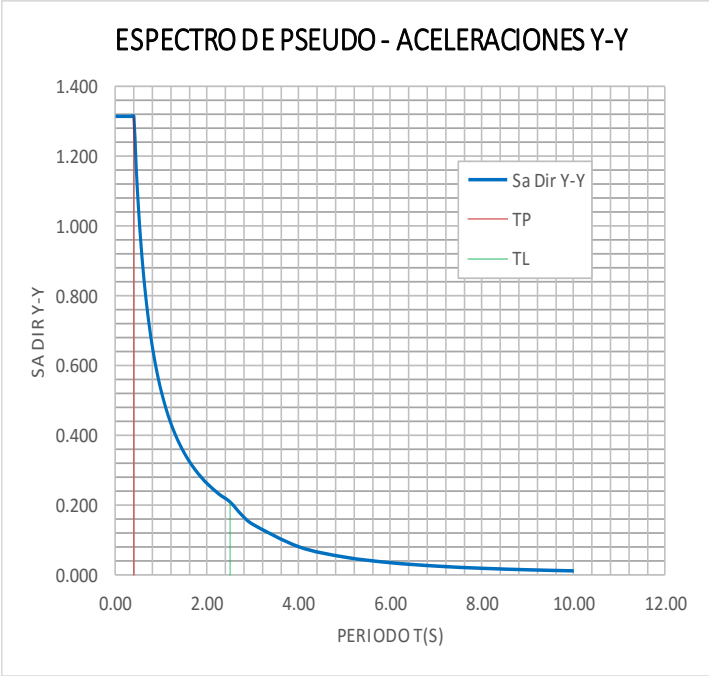
$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \qquad R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

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

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

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





C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.314	1.314
2.50	0.02	1.314	1.314
2.50	0.04	1.314	1.314
2.50	0.06	1.314	1.314
2.50	0.08	1.314	1.314
2.50	0.10	1.314	1.314
2.50	0.12	1.314	1.314
2.50	0.14	1.314	1.314
2.50	0.16	1.314	1.314
2.50	0.18	1.314	1.314
2.50	0.20	1.314	1.314
2.50	0.25	1.314	1.314
2.50	0.30	1.314	1.314
2.50	0.35	1.314	1.314
2.50	0.40	1.314	1.314
2.22	0.45	1.168	1.168
2.00	0.50	1.051	1.051
1.82	0.55	0.956	0.956
1.67	0.60	0.876	0.876
1.54	0.65	0.809	0.809
1.43	0.70	0.751	0.751
1.33	0.75	0.701	0.701
1.25	0.80	0.657	0.657
1.18	0.85	0.618	0.618
1.11	0.90	0.584	0.584
1.05	0.95	0.553	0.553
1.00	1.00	0.526	0.526
0.91	1.10	0.478	0.478
0.83	1.20	0.438	0.438
0.77	1.30	0.404	0.404
0.71	1.40	0.375	0.375
0.67	1.50	0.350	0.350
0.63	1.60	0.328	0.328
0.59	1.70	0.309	0.309
0.56	1.80	0.292	0.292
0.53	1.90	0.277	0.277
0.50	2.00	0.263	0.263
0.44	2.25	0.234	0.234
0.40	2.50	0.210	0.210
0.33	2.75	0.174	0.174
0.28	3.00	0.146	0.146
0.16	4.00	0.082	0.082
0.10	5.00	0.053	0.053
0.07	6.00	0.036	0.036
0.05	7.00	0.027	0.027
0.04	8.00	0.021	0.021
0.03	9.00	0.016	0.016
0.03	10.00	0.013	0.013

En la NTE-030 se establece la ecuación para calcular la pseudo aceleración sísmica, la cual nos permite simular un sismo a través de un espectro de pseudo aceleración.

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

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

S = Factor de suelo

C = Factor de amplificación sísmica

R = Factor de reducción por ductilidad

g = Aceleración de gravedad

5.2.9 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN

A continuación se presentan los resultados correspondientes a las variables que resultaron de interés para la verificación y caracterización del comportamiento estructural del sistema estructural propuesto. Se utilizó ETABS 2015 como herramienta para aplicar los métodos de análisis y se aseguró el cumplimiento de los lineamientos establecidos por las Normas: E-0.30, E-0.60.

- **Periodos de Vibración**

En la tabla siguiente se presenta un resumen de los resultados referentes a los periodos de vibración para cada sistema estructural, y se ilustra gráficamente la diferencia de periodos entre ambas. Se observó que los periodos correspondientes a los tres primeros modos de vibración en la edificación que emplea el sistema estructural con losas aligeradas compuesto de viguetas prefabricadas de acero galvanizado son menores a las que utilizan el sistema estructural convencional, esto indica que la losa con viguetas de acero tiene una mayor rigidez lateral en comparación con el sistema de concreto armado.

TABLA 5-15: PERIODOS DE VIBRACIÓN CORRESPONDIENTES A LOS TRES PRIMEROS MODOS, EN EL SISTEMA CONVENCIONAL Y EN EL SISTEMA CON VIGUETAS DE ACERO

Número de modos de vibración	**Periodo de Vibración (s)**	
	Sistema convencional	Sistema con viguetas de acero
Modo 1	0.47	0.462
Modo 2	0.389	0.38
Modo 3	0.236	0.231

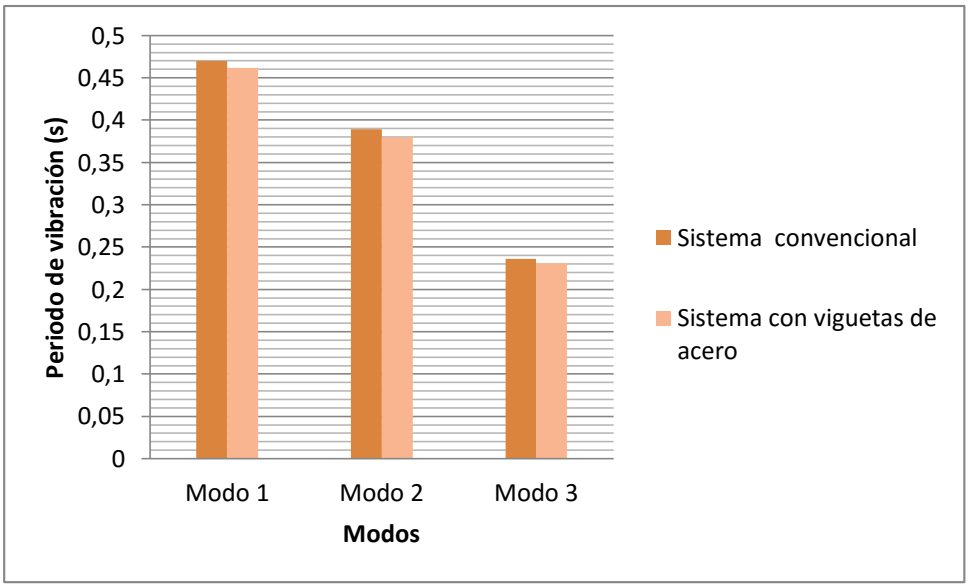


Figura 5-18: Comparación de los periodos de vibración aplicados a los dos sistemas estructurales

- **Cortante Basal**

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados referentes al cortante basal para cada sistema estructural y se ilustra gráficamente la diferencia de cortantes que existe entre ambos sistemas. Se observó que el valor del cortante estático y dinámico en ambas direcciones es menor para la estructura que emplea viguetas de acero. Lo que indica una mayor resistencia ante la fuerza sísmica horizontal, en la condición más desfavorable a nivel de la base de la estructura, en comparación con el sistema convencional.

El cortante basal dinámico debería ser según norma mayor al 80% del cortante estático.

TABLA 5-16: CORTANTE BASAL EN DIR. “X” DE AMBOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

SISTEMAS	CORTANTE BASAL EN DIR "X" MAX. (TON)	
	ESTÁTICO	DINÁMICO
Sistema convencional	535.7486	472.848
Sistema con viguetas de acero	515.2162	448.366

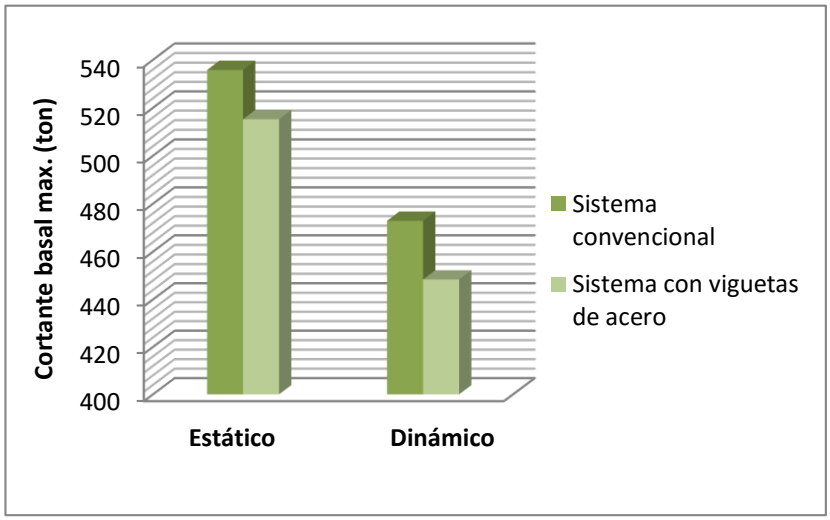


Figura 5-19: Comparación entre los cortantes basales máximos de ambos sistemas en dirección X

TABLA 5-17: CORTANTE BASAL EN DIR. “Y” DE AMBOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

SISTEMAS	CORTANTE BASAL EN DIR "X" MAX. (TON)	
	ESTÁTICO	DINÁMICO
Sistema convencional	535.7486	465.2629
Sistema con viguetas de acero	515.6944	448.366

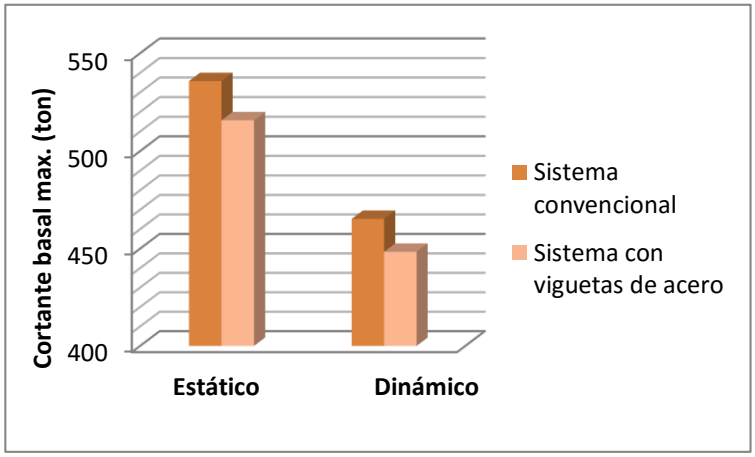


Figura 5-20: Comparación entre los cortantes basales máximos de ambos sistemas en dirección Y

- **Desplazamientos máximos**

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados referentes a los desplazamientos máximos para cada sistema estructural y se ilustra gráficamente la diferencia de desplazamientos entre ambos. Se observó que los desplazamientos máximos en el último piso de cada edificación, generados por el sismo, son menores en el sistema estructural de losas aligeradas con viguetas de acero a comparación con el sistema estructural de concreto armado. Esto se produce por la significativa diferencia de masas y nivel de rigidez que hay entre el sistema con viguetas y el sistema convencional, debido a que mientras más masa posea la estructura, mayores serán sus desplazamientos; y mientras mayor sea su rigidez, menor serán estos.

TABLA 5-18: DESPLAZAMIENTOS GENERADO POR SISMO EN LA DIRECCIÓN X-X DE AMBOS SISTEMAS

PISOS	DESPLAZAMIENTOS GENERADOS POR SISMO EN DIRECCIÓN X-X (CM)	
	Sistema convencional	Sistema con viguetas de acero
PISO 6	0.0037	0.003283
PISO 5	0.0041	0.00376
PISO 4	0.0042	0.00392
PISO 3	0.0042	0.00389
PISO 2	0.0034	0.003262
PISO 1	0.0017	0.001644

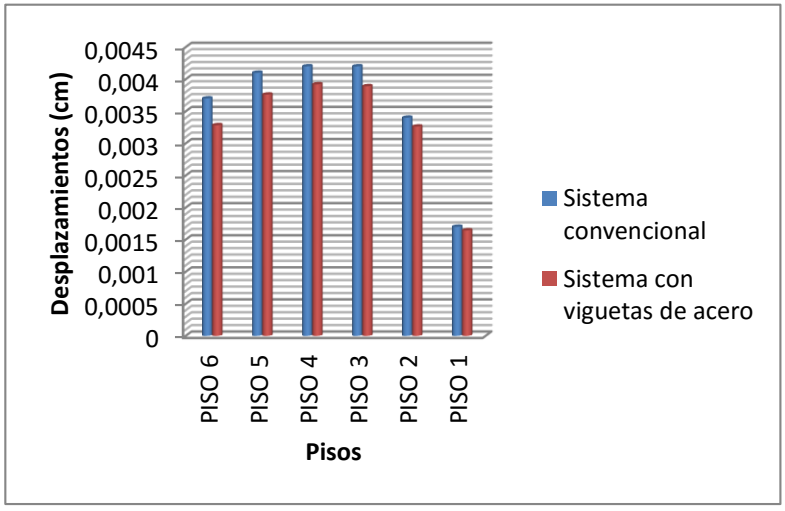


Figura 5-21: Comparación de los desplazamientos generados por sismo, en dirección X-X de ambos sistemas estructurales

TABLA 5-19: DESPLAZAMIENTOS GENERADO POR SISMO EN LA DIRECCIÓN Y-Y DE AMBOS SISTEMAS

PISOS	DESPLAZAMIENTOS GENERADOS POR SISMO EN DIRECCIÓN Y-Y (CM)	
	Sistema convencional	Sistema con viguetas de acero
PISO 6	0.0066	0.005263
PISO 5	0.007	0.005528
PISO 4	0.0071	0.00557
PISO 3	0.0067	0.005136
PISO 2	0.0056	0.004143
PISO 1	0.0029	0.002288

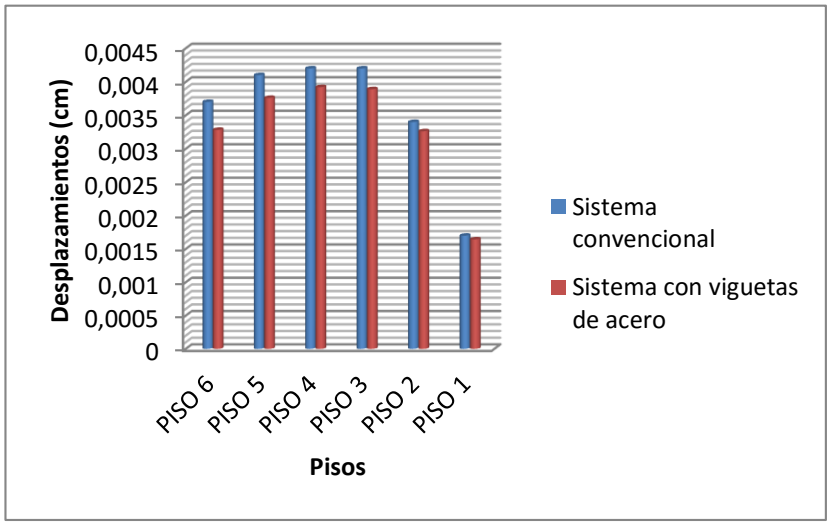


Figura 5-22: Comparación de los desplazamientos generados por sismo, en dirección Y-Y de ambos sistemas estructurales

- **Derivas máximas**

En la tabla se presenta un resumen de los resultados referentes a las derivas máximas para cada sistema estructural y en las figuras se ilustra gráficamente la diferencia de desplazamientos entre ambas. Se apreció que las derivas máximas, generadas por el sismo, son menores en el sistema estructural con viguetas de acero a comparación con el sistema estructural convencional.

TABLA 5-20: DERIVAS GENERADAS POR EL SISMO EN DIRECCIÓN X – X DE AMBOS SISTEMAS

PISOS	DERIVAS GENERADOS POR SISMO EN LA DIRECCIÓN X - X (CM)	
	Sistema convencional	Sistema con viguetas de acero
PISO 6	0.004299	0.004159
PISO 5	0.004897	0.004737
PISO 4	0.005005	0.004832
PISO 3	0.004888	0.004715
PISO 2	0.004016	0.003871
PISO 1	0.001983	0.00191

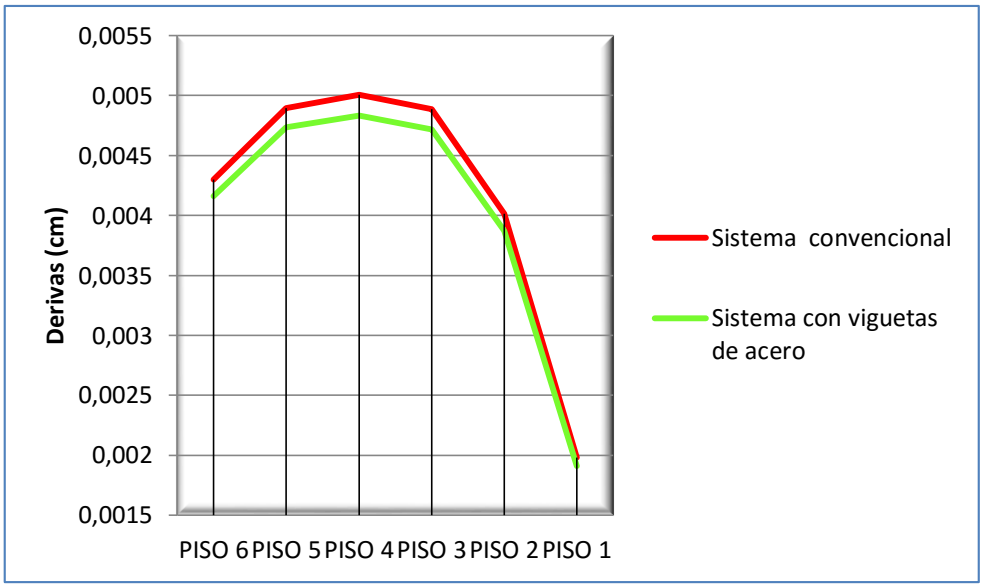


Figura 5-23: Comparación de las derivas generadas por el sismo en dirección X-X, de ambos sistemas estructurales

TABLA 5-21**: DERIVAS GENERADAS POR EL SISMO EN DIRECCIÓN Y – Y DE AMBOS SISTEMAS**

PISOS	DERIVAS GENERADOS POR SISMO EN LA DIRECCIÓN Y - Y (CM)	
	Sistema convencional	Sistema con viguetas de acero
PISO 6	0.006846	0.006621
PISO 5	0.007174	0.00693
PISO 4	0.00718	0.006927
PISO 3	0.006561	0.006322
PISO 2	0.005187	0.005002
PISO 1	0.0038	0.0031

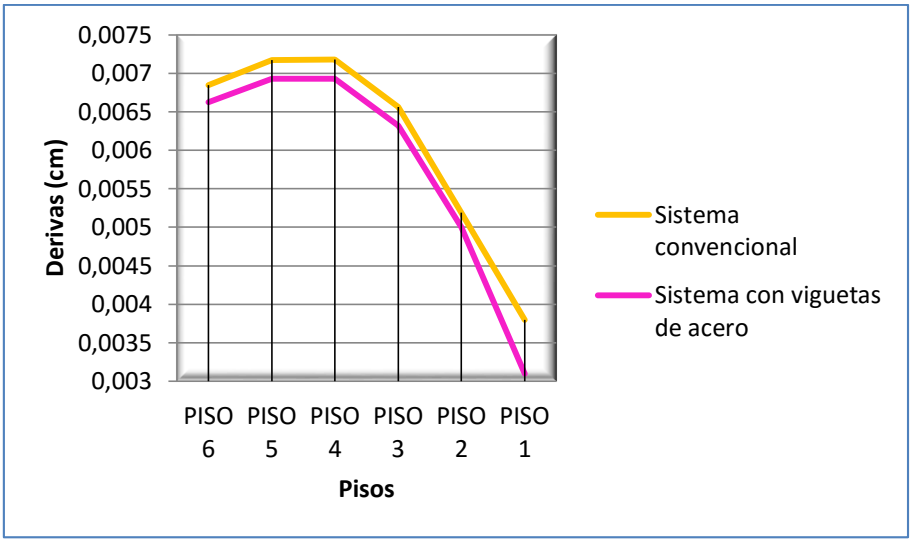


Figura 5-24: Comparación de las derivas generadas por el sismo en dirección Y- Y de ambos sistemas estructurales

➢ Pesos de las estructuras

TABLA 5-22**: PESOS DE LAS EDIFICACIONES CON AMBOS SISTEMAS SEGÚN PISOS**

PISOS	PESOS (TON)	
	Sistema convencional	Sistema con viguetas de acero
PISO 1	547.0344	544.67148
PISO 2	623.9871	599.53067
PISO 3	623.9871	599.53067
PISO 4	623.9872	599.53067
PISO 5	623.9871	599.53068
PISO 6	623.9871	599.53067
TOTAL	3666.97	3542.32484

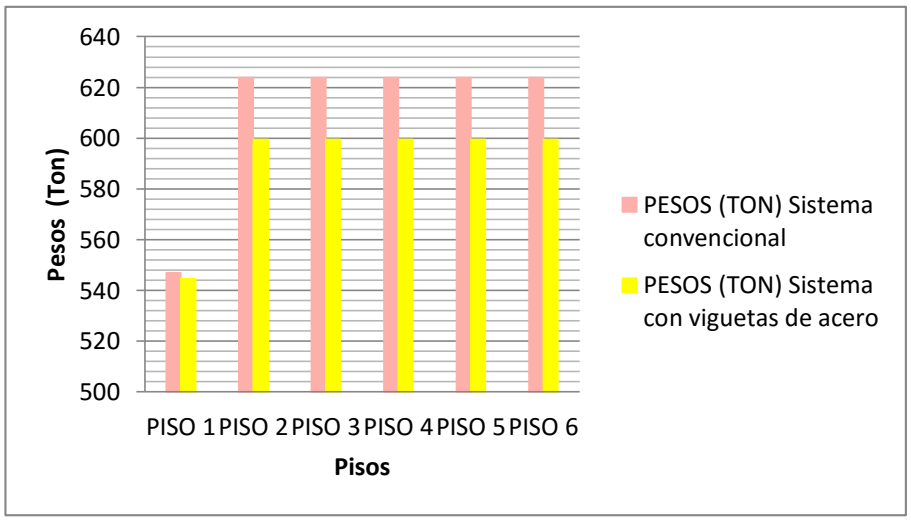


Figura 5-25: Comparación de pesos de ambos sistemas estructurales

El peso de la estructura del sistema de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero galvanizado es mucho menor que el del sistema convencional, siendo la diferencia total de 124.64516 ton un promedio de aproximadamente de 20.77 ton por cada piso y 31.67 kg /m^2 por cada nivel.

6 CONCLUSIONES

La presente investigación analiza únicamente el comportamiento estructural de la edificación de aulas, mas no incluye el diseño. Se estudió el comportamiento del sistema estructural convencional después de ser calculado, verificado y controlado, también se evaluó el comportamiento de la misma estructura pero esta vez incorporando las viguetas prefabricadas de acero galvanizado en las losas aligeradas sin que este último sea controlado y verificado. Obteniéndose de todo este análisis las siguientes conclusiones:

Fue de gran importancia el estudio de Mecánica de Suelos, ya que con este estudio se pudo definir en qué tipo de zona sísmica se estaba localizando el proyecto, lo que permitió una menor incertidumbre para el caso del análisis sísmico, producto de ello se sabe que el suelo es rígido con una capacidad admisible de 4kg/cm^2.

Los criterios de estructuración y el pre dimensionamiento permitieron definir la estructura cuyos elementos fueron modelados y analizados en el programa ETABS ultimate 2015 ya que en investigaciones anteriores se han demostrado que dicho programa es una herramienta muy sofisticada y con mucha precisión en sus cálculos, ayudando a reducir el tiempo en la creación, análisis y diseño de estructuras, así mismo se pueden realizar modificaciones muy rápidamente y con tanta facilidad. Sin embargo, el usuario deberá de tener presente los fundamentos teóricos básicos para sustentar y dar credibilidad a los resultados arrojados por dicho programa, ya que en muchas ocasiones se cae en el error de usar los datos sin tener congruencia o criterio en lo que se está realizando.

La determinación del periodo de vibrar de la estructura es el resultado del análisis dinámico de la misma, analizando los tres principales modos de vibración (2 traslacionales y una rotacional) que son los más perjudiciales sin embargo, para establecer un rango del periodo máximo aceptable se recurrieron a expresiones aproximadas

sencillas con el propósito de detectar errores en el cálculo del modelo matemático. Siendo el periodo como máximo la décima pate del número de niveles del edificio, así que ambos sistemas sometidos a prueba verificaron, siendo sus periodos como máximo de 0,47 y 0,46 segundos, menores que 0,6 segundos. Resultando tener relativamente menos periodo el sistema estructural que usa viguetas de acero, lo que significa que se deformara menos con respecto al sistema convencional.

El cortante basal dinámico en ambos sistemas resultó ser mayor al 80% del cortante estático tanto en la dirección X-X como en la dirección Y-Y por lo que no fue necesario escalar el espectro de respuesta, de haber resultado lo contrario se aplicaba el factor de escala según norma siendo este igual al cociente del 80% del cortante estático entre el cortante dinámico multiplicando luego este resultado por la gravedad (9,81 m/s^2) para obtener la aceleración de respuesta del suelo, misma que se ajustará en la casilla de “Scale Factor” del ETABS.

Se observó que los desplazamientos y derivas máximos en el último piso de cada edificación, generados por el sismo, son menores en el sistema estructural de losas aligeradas con viguetas de acero a comparación con el sistema estructural de concreto armado. Esto se produce por la significativa diferencia de masas y nivel de rigidez que hay entre el sistema con viguetas y el sistema convencional, debido a que mientras más masa posea la estructura, mayores serán sus desplazamientos; y mientras mayor sea su rigidez, menor serán estos.

Una vez que el programa ejecuta el análisis sin que haya generado errores, podemos seleccionar varias opciones del menú “Display” con lo que podemos comprobar y revisar de manera numérica y gráfica los resultados de dicho análisis. Para revisar la participación modal y cumplir con lo establecido en la norma la cual indica que la comparativa entre el porcentaje de participación modal del método estático contra el dinámico debe ser igual o mayor que el 90%. Resultando para el sistema estructural convencional en ambas direcciones de 93,33% y 94,56%

además obteniendo para el sistema estructural con viguetas de acero un 93,33% y 94,52% .

Toda estructura debe responder a solicitaciones de cargas por gravedad y ante solicitaciones sísmica por cargas laterales, así que para obtener el peso de la estructura se tuvo que adicionar a la carga permanente o peso propio de la estructura un 50% de la carga viva (para edificaciones de las categorías A y B) más el 25% de la sobrecarga en techos, luego el cálculo lo realiza el mismo programa obteniendo los pesos de 3666,97 ton y 3542,32 ton para el sistema estructural de concreto armado y para el sistema estructural con viguetas de acero respectivamente siendo este último la alternativa más óptima en cuanto al peso y al comportamiento estructural demostrando de este modo las hipótesis de investigación planteadas

Dejamos finalmente abierta la posibilidad de investigar si este sistema estructural con viguetas de acero se comportara mejor cuando las dimensiones de los elementos estructurales hayan disminuido producto a que baja el peso considerablemente con respecto al sistema de convencional estamos hablando aproximadamente de 124,65 ton de diferencia haciendo un 4 % menos. asi mismo sería bueno estudiar el aspecto económico del sistema ya que este es nuevo en el mercado de la construcción. Estando segura que así será y apelando la ingeniosidad y el espíritu innovador de mis colegas doy por finalizado esta primera parte.

7 RECOMENDACIONES

Para finalizar este trabajo de investigación con aun más sentimiento de satisfacción y alegría, quiero ofrecer algunas recomendaciones que con base a esa extensa búsqueda de conocer el comportamiento de una estructura novedosa me nace escribir a continuación:

Para el caso de grandes estructuras y más aún cuando estas son esenciales, siempre será recomendable conocer los parámetros sísmicos del sitio en estudio, a pesar de que es un gasto adicional, con ayuda de dicho estudio se puede contrarrestar el gasto con una mayor optimización de la estructura al predecir con una mayor seguridad el comportamiento del terreno ante un evento sísmico.

Cuando se tenga alguna duda con los datos arrojados por los programas, recomiendo revisar localmente que es lo que ocasiona los datos erróneos, comparar con algún calculo a mano y si es posible compararlo con alguna modelación adicional utilizando otro programa

8 BIBLIOGRAFÍA

Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado.* Lima.

Blasco, A. B. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.* Lima Perú.

E.030, N. T. (24 de Enero de 2016). Zonificación. *Decreto Supremo que modifica la NormaTtécnica E.030 "Diseño Sismorresistente"*.

E.050, N. T. (2006). *Suelos y Cimentaciones, Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima.

E.060, N. T. (2006). *Concreto Armado, Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima.

ICG. (Noviembre, 2014). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Estructuras.* Lima - Perú: 8va edición, Edit ICG.

Manzano. (23 de nov de 2010). *Losa livianada*. Obtenido de Losa Alivianada: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11816/1/Tesis%20899%20-%20Punga%C3%B1a%20Manzano%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf tesis

McCormac, J. (2005). *Diseño de concreto reforzado.* México: Alfaomega grupo editor, S.A. de CV.

Morales Morales, R. (2006). *Diseño en Concreto Armado.* Lima: ICG.

Nilson, A. (1995). *Diseño De Estructuras De Concreto.* Bogotá: Mc Graw Hill.

Ottazzi Pasino, G. (2005). *Apuntes del Curso de Concreto Armado.* Lima: Universidad Católica del Perú.

Villarreal Castro, G. (20 de Abril de 2015). *Predimensionamiento de elementos estructurales*. Obtenido de Predimensionamiento de elementos estructurales: https://www.youtube.com/watch?v=NRf13aCxhGY

REFERENCIAS WEB

file:///C:/Users/usuario/Downloads/INFORME%20(2).pdf
http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/322482/2/guzman_sg-pub-tesis.pdf
http://infonavit.janium.net/janium/tesis/maestria/montoya_farias_nishmeth_45379.p
http://larepublica.pe/impresa/sociedad/699938-en-11-anos-casi-se-duplico-el-numero-de-alumnos-de-colegios-privados
http://ediciones-sm.com.mx/?q=blog-como-la-infraestructura-escolar-influye-en-la-calidad-educativa
http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/540/1/tesis%20pdfnicolasmendoza.df
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1256/1/salcedo_ch.pdf
http://es.slideshare.net/gucond/tesis-sismorresistencia-gustavo-condori-u
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0798-40652012000300008
https://www.youtube.com/watch?v=c8-kkgwk_bu
https://es.scribd.com/doc/74951752/losas-final
https://prezi.com/nyqmss8fyxy7/prediseno-de-elementos-estructurales/
http://200.35.84.131/portal/bases/marc/texto/2301-15-08084.pdf
https://www.academia.edu/4561419/capitulo_01_losa
file:///c:/users/usuario/downloads/manual_de_instalaci&oacute%3bn_de_techo_aligerado_con_vigueta_prefabricada_de_acero.pdf
https://es.scribd.com/doc/109487753/diseno-en-concreto-armado-morales
file:///c:/users/usuario/downloads/323-1199-1-pb.pdf
http://www.chacao.gob.ve/eduriesgo/vulnerabilidad_archivos/04_patologias_en_las_edificaciones.pdf
https://www.academia.edu/8180956/guia_para_el_analisis_estructural_de_edificaci
http://tesis.pucp.edu.pe:8080/repositorio/bitstream/handle/123456789/147/de-la-torre_pedro_dise%c3%91o_edificio_6_niveles_concreto_armado.pdf?sequence=1&isallowed=y