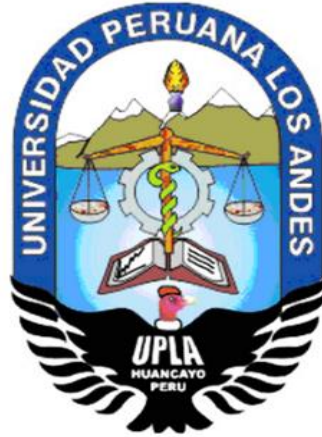


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ANÁLISIS DE CONCRETO POSTENSADO EN EL DISEÑO
DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA CON UNA LUZ DE 12
METROS, HUANCAYO”**

LÍNEA DE INVESTIGACION INSTITUCIONAL:

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

PRESENTADO POR:

Bach. MARTICORENA MARTICORENA, EDWIN RAUL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

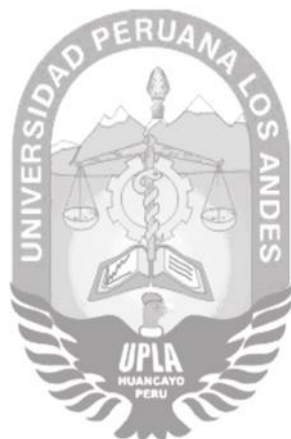
HUANCAYO – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ANÁLISIS DE CONCRETO POSTENSADO EN EL DISEÑO
DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA CON UNA LUZ DE 12
METROS, HUANCAYO”**

LÍNEA DE INVESTIGACION INSTITUCIONAL:

NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS

PRESENTADO POR:

Bach. MARTICORENA MARTICORENA, EDWIN RAUL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2021

ASESOR:

Ing. Christian Mallaupoma Reyes

DEDICATORIA

A Dios que me brinda la fuerza y la voluntad para cumplir mis metas.

A mi querida madre Rosa quien me apoyó incondicionalmente durante todo mi proceso de formación profesional

A mi querida mamá Emilia quien desde el cielo guía mis pasos.

Bach. Marticorena Marticorena, Edwin Raul

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes de la Escuela Profesional de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes (UPLA) por haberme orientado y brindar la educación necesaria.

Un agradecimiento especial a los docentes Ing. Julio Fredy Porras Mayta , Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed y de igual manera hago extensivo el agradecimiento a mi asesor el Ing Christian Mallaupoma Reyes por brindarme su tiempo y conocimientos para el desarrollo de la presente tesis.

Bach. Marticorena Marticorena, Edwin Raul

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

Ph. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED
JURADO

Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

Ing. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
JURADO

Mg. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

ASESOR:.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS	VI
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I.....	19
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.1. Planteamiento del problema.....	19
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problemas específicos	21
1.3. Justificación.....	21
1.3.1. Práctica o social.....	21
1.3.2. Científica o teórica.....	21
1.3.3. Metodológica	21
1.4. Delimitaciones	22
1.4.1. Espacial	22
1.4.2. Temporal	22
1.4.3. Económica.....	22
1.5. Limitaciones	22
1.6. Objetivos.....	22
1.6.1. Objetivo general	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes	24
2.1.1. Internacionales	24
2.1.2. Nacionales	28
2.2. Marco conceptual	32
2.2.1. Concreto presforzado	32

2.2.2.	Diseño de estructuras aporticadas.....	52
2.2.3.	Normas técnicas para concreto presforzado	69
2.2.4.	Norma técnica de diseño sismorresistente	72
2.3.	Definición de términos.....	79
2.4.	Hipótesis	80
2.4.1.	Hipótesis general	80
2.4.2.	Hipótesis específicas	80
2.5.	Variables.....	80
2.5.1.	Definición conceptual de las variables	80
2.5.2.	Definición operacional de las variables.....	80
2.5.3.	Operacionalización de las variables.....	81
CAPÍTULO III	82
METODOLOGÍA	82
3.1.	Método de investigación.....	82
3.2.	Tipo de investigación.....	82
3.3.	Nivel de investigación.....	82
3.4.	Diseño de la investigación	82
3.5.	Población y muestra.....	83
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	83
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos	83
3.6.2.	Instrumentos de Recolección de Datos.....	83
3.7.	Procesamiento de la información.....	83
3.8.	Técnicas y análisis de datos	83
CAPÍTULO IV	84
RESULTADOS	84
4.1.	Concreto postensado.....	84
4.1.1.	Diseño de concreto armado postensado.....	84
4.1.2.	El proyecto.....	85
4.1.3.	Estructuración y predimensionamiento	89
4.1.4.	Metrado de cargas	96
4.1.5.	Análisis sísmico.....	100
4.1.6.	Diseño de concreto armado	115
4.1.7.	Especificaciones	121
4.2.	Concreto estructural simple	122
4.2.1.	Características	122
4.2.2.	Metrado	126

4.2.3.	Análisis sísmico.....	127
4.2.4.	Diseño de concreto.....	136
4.2.5.	Especificaciones	143
4.3.	Costos de concreto postensado y concreto convencional.....	143
4.4.	Prueba de hipótesis	145
4.4.1.	Prueba de la primera hipótesis específica	145
4.4.2.	Prueba de la segunda hipótesis específica.....	147
4.4.3.	Prueba de la tercera hipótesis específica.....	148
4.4.4.	Prueba de la hipótesis general.....	149
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS		151
CONCLUSIONES		156
RECOMENDACIONES		158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		159
ANEXOS		163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Edificaciones comunes</i>	72
Tabla 2 Coeficientes del concreto armado	73
Tabla 3 <i>Irregularidades estructurales en altura</i>	74
Tabla 4 <i>Irregularidades estructurales en planta</i>	74
Tabla 5 <i>Límites para la distorsión del entrepiso</i>	78
Tabla 6 Operacionalización de variables.....	81
Tabla 7 Factores cálculo y vigas del 4to y 5to nivel	91
Tabla 8 Vigas secundarias	92
Tabla 9 Ensayos para tipos de columna	94
Tabla 10 Números de pisos.....	94
Tabla 11 Factores de carga sísmica en el eje X.....	95
Tabla 12 Factores de carga sísmica en el eje Y	96
Tabla 13 Sobrecarga	97
Tabla 14 Valores unitarios para metrado de cargas	98
Tabla 15 Factores de zonificación sísmica	101
Tabla 16 Configuración estructural.....	102
Tabla 17 Análisis estático.....	102
Tabla 18 Aceleración espectral.....	104
Tabla 19 Datos para la Construcción del Espectro de Pseudo Aceleraciones	104
Tabla 20 Análisis de modos	106
Tabla 21 Masa y rigidez	106
Tabla 22 Desplazamientos laterales	107
Tabla 23 Irregularidad torsional	108
Tabla 24 Fuerza cortante mínima de base	108
Tabla 25 Factores de cálculo de vigas	125
Tabla 26 Factores sísmicos	128
Tabla 27 Configuración estructural.....	129
Tabla 28 Análisis estático de dirección y cortante basal.....	129
Tabla 29 Aceleración espectral.....	131
Tabla 30 Datos para la Construcción del Espectro de Pseudo Aceleraciones	132
Tabla 31 Resultado del análisis dinámico	133
Tabla 32 Centro de masa y rigidez.....	133

Tabla 33 Desplazamientos laterales	134
Tabla 34 Irregularidad torsional	135
Tabla 35 Factor a escalar	135
Tabla 36 Costo de concreto simple	144
Tabla 37 Costo de concreto postensado	144

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Esquema de cables en concreto pretensado.	32
<i>Figura 2.</i> Esquema de cables en concreto postensado.	33
<i>Figura 3.</i> Fabricación de elementos pretensados.	35
<i>Figura 4.</i> Trayectorias clásicas de tendones en vigas con diseño postensado.	38
<i>Figura 5.</i> Centros comerciales con sistema postensado.	40
<i>Figura 6.</i> Aulas con sistema postensado.	41
<i>Figura 7.</i> Sistema adherido postensado.	42
<i>Figura 8.</i> Partes del tendón.	43
<i>Figura 9.</i> Sistema postensado no adherido.	43
<i>Figura 10.</i> Anclaje del cable postensado.	44
<i>Figura 11.</i> Cables no adheridos.	44
<i>Figura 12.</i> Separadores.	45
<i>Figura 13.</i> Gata de tensado.	45
<i>Figura 14.</i> Manómetro.	46
<i>Figura 15.</i> Base del perímetro.	46
<i>Figura 16.</i> Perímetro con rejilla.	46
<i>Figura 17.</i> Instalación de sistema de tendones.	47
<i>Figura 18.</i> Disposición de cables en las vigas.	47
<i>Figura 19.</i> Puesta del concreto.	47
<i>Figura 20.</i> Previo al postensado.	48
<i>Figura 21.</i> Ajuste de los cables con las cuñas.	48
<i>Figura 22.</i> Tensión de los cables con la gata.	48
<i>Figura 23.</i> Retiro de la gata.	49
<i>Figura 24.</i> Estructura de sistema aporticado.	53
<i>Figura 25.</i> Estructura Simétrica.	57
<i>Figura 26.</i> Discontinuidad en Elevación de componentes resistentes.	58
<i>Figura 27.</i> Diafragma Rígido sin abertura y con abertura.	59
<i>Figura 28.</i> Sección Desconocida de Viga Peralta.	59
<i>Figura 29.</i> Diagrama de Fuerza Cortante para la Viga Chata.	61
<i>Figura 30.</i> Losa aligerada en una dirección.	62
<i>Figura 31.</i> Losa Maciza Armada en 2 direcciones.	63
<i>Figura 32.</i> Contra-paso y paso.	65

Figura 33. Planteamiento general de la estructura.	86
Figura 34. Tercera planta.	90
Figura 35. Viga principal.....	92
Figura 36. Columnas en L y en T.....	95
Figura 37. Fuerza horizontal.	103
Figura 38. Periodo – Aceleraciones - Huancayo – Huancayo – Junin.	105
Figura 39. Eje 1 postensado.	109
Figura 40. Eje 2 Postensado.	109
Figura 41. Eje 3 postensado.	110
Figura 42. Eje 4 postensado.	110
Figura 43. Eje A envolvente.....	111
Figura 44. Eje B envolvente.....	111
Figura 45. Eje 4 Postensado.....	112
Figura 46. Eje 1 Postensado.....	112
Figura 47. Eje 3 Postensado.....	113
Figura 48. Eje 4 Postensado.....	113
Figura 49. Eje A envolvente.....	114
Figura 50. Eje B envolvente.....	114
Figura 51. Nervios de losa nervada primer piso.	115
Figura 52. Nervios de losa nervada primer piso.	115
Figura 53. Nervios de losa nervada 2do nivel.	116
Figura 54. Nervios de losa nervada 3er nivel.....	116
Figura 55. Viga columna Eje A.	117
Figura 56. Viga columna Eje B.	117
Figura 57. Viga columna Eje 1.....	118
Figura 58. Viga columna Eje 2.....	118
Figura 59. Viga columna Eje 3.....	119
Figura 60. Viga columna Eje 4.....	119
Figura 61. Columna en T 1.00x1.00x0.5m postensado.	120
Figura 62. Diagrama de interacción de columna en T con postensado.	120
Figura 63. Columna en L 1.00X1.00X0.5m postensado.....	120
Figura 64. Columna en L diagrama interacción postensado.....	121
Figura 65. Columna en L y en T.	125

Figura 66. Fuerza horizontal.	130
Figura 67. Periodo – Aceleraciones - Tambo – Huancayo – Junín.....	131
Figura 68. Nervios de losa nervada primer piso.	136
Figura 69. Nervios de losa nervada 2do nivel.	137
Figura 70. Nervios de losa nervada 3er nivel.....	138
Figura 71. Columna Eje A.	139
Figura 72. Viga columna Eje B.	139
Figura 73. Viga columna Eje 1.....	140
Figura 74. Viga columna Eje 2.....	140
Figura 75. Viga columna Eje 3.....	141
Figura 76. Viga columna Eje 4.....	141
Figura 77. Columna en T 1.00x1.00x0.5m postensado.	142
Figura 78. Diagrama de interacción de columna en T con postensado	142
Figura 79. Columna en L 1.00X1.00X0.5m postensado.....	142
Figura 80. Columna en L diagrama interacción postensado.....	143

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado del análisis de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020?, el objetivo general fue: Analizar el uso de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020 y la hipótesis general a contrastar fue: El uso del concreto postensado permite aumenta su capacidad resistente, y reduce las deformaciones en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.

El método de investigación el fue científico, tipo aplicada de nivel descriptivo y diseño cuasi - experimental. La población conformado por los diseños de estructuras aporticadas con concreto estructural simple y con concreto postensado y la muestra costa del análisis de la primera planta de la edificación.

Producto de la investigación se concluyó que: El uso del concreto postensado en la estructura aporticada aumentó su resistencia y fue más rígido, el comportamiento sísmico resultó ser mejor que con el concreto simple y incremento los costos de construcción en S/9,578.19.

Palabras clave: Concreto postensado, estructuras aporticadas, diseño.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What is the result of the post-tensioned concrete analysis in the design of a framed structure with a 12-meter span, Huancayo 2020? The general objective was: Analyze the use of post-tensioned concrete in the design of a porticoed structure with a span of 12 meters, Huancayo 2020 and the general hypothesis to be tested was: The use of post-tensioned concrete increases its resistance capacity, and reduces deformations in the design of a porticoed structure with a span of 12 meters, Huancayo 2020.

The research method was scientific, descriptive level applied type and quasi-experimental design. The population conformed by the designs of framed structures with simple structural concrete and with post-tensioned concrete and the sample coast from the analysis of the first floor of the building.

As a result of the investigation, it was concluded that: The use of post-tensioned concrete in the frame structure increased its resistance and was more rigid, the seismic behavior turned out to be better than with simple concrete and increased construction costs by S / 9,578.19.

Keywords: Post-tensioned concrete, frame structures, design.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “**ANÁLISIS DE CONCRETO POSTENSADO EN EL DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA APORTICADA CON UNA LUZ DE 12 METROS, HUANCAYO**” propone el uso del sistema postensado el cual es un tipo de concreto presforzado que consiste en aplicar tensión en los tendones y anclarlos en los extremos del elemento luego del fraguado con la finalidad de lograr una mejor resistencia (1). La aplicación de este sistema estructural es relativamente nueva en el país, debido a que aún existe preferencia por el uso del concreto convencional. El empleo del concreto postensado en sistemas aporticados son variados, como reducción de costos (2), uso eficiente de materiales (3), una mayor capacidad de resistencia, mejor ductilidad, rigidez, mejor sismo resistencia, entre otros. Por esta razón se buscó analizar el empleo del concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020. Que su vez se justificó en que el uso de esta nueva forma de emplear el concreto beneficiaría en la construcción de mejores estructuras que cumplan con los parámetros de resistencia y calidad.

De acuerdo a lo anterior, el trabajo se formuló la siguiente pregunta ¿Cuál es el resultado del análisis de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020?, cuya respuesta tentativa o hipótesis fue que el uso de concreto postensado permite el incremento de sus resistencia y las deformaciones son disminuidas en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros. Para la correcta elaboración del estudio se optó por emplear un diseño de investigación cuasi experimental con post prueba, contando con un grupo experimental (GE) (con concreto postensado) y un grupo de control (GC) (con concreto estructural simple), con la finalidad de identificar sus diferencias. Además, fue aplicado, y fue explicativo descriptivo en el nivel, ya que se describió el diseño del sistema estructural aporticado, y se buscaron relaciones entre el empleo del concreto presforzado en su tipo postensado y sus efectos en el sistema aporticado estudiado.

En la elaboración del diseño de la estructura con concreto postensado, las columnas empleadas fueron de tipo L y T, la luz efectiva de los pórticos principales fue de 12.40 ml, los tendones fueron de 1” de diámetro, la diferencia de área en columnas tipo L fue de 1.08m² a 0.75m², la diferencia de área en columnas tipo T fue de 1.08m² a 0.75m² y

la diferencia de área en vigas de sección variable y en el tope de columnas fue de 0.66 m² a 0.6 m². Asimismo, para la comparación de costos se tuvieron los siguientes supuestos, se aplicó para una sola planta, correspondió a materiales como columnas, vigas, placas y losa, y la viga de concreto postensado tuvo 12.4 m de luz y de concreto simple 12.4 m de luz. Por otro lado, para el desarrollo correcto de la investigación, esta se compuso de un total de 5 capítulos.

El capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: Se detalló todo lo referente al planteamiento del problema; formulación y sistematización del problema generales y específicos; justificación práctica o social, científica o teórica, metodología; delimitaciones espaciales temporales y económicas; limitaciones y objetivos general y específicos.

El capítulo II: MARCO TEORICO: Que consta de tres partes; los antecedentes internacionales y nacionales; marco conceptual referente a concreto presforzado, diseño de estructuras aporticadas; normas técnicas; definición de términos; planteamiento de las hipótesis general y la definición de las variables, conceptual y operacional, además de la operacionalización de las variables.

El capítulo III: METODOLOGIA: Se encuentran compuesta por el Método de investigación; tipos de investigación; nivel de investigación; diseño de la investigación; población y muestra; técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información; las técnicas y análisis de datos.

El capítulo IV, RESULTADOS: Se detallan el diseño con concreto postensado y concreto convencional; descripción del proyecto; estructuración y predimensionamiento; medición de cargas; análisis sísmico; diseño del concreto; costos de concreto postensado y concreto simple. Seguidamente se tiene la prueba de hipótesis específicas y general basado en los resultados obtenidos con el diseño cuasi experimental.

El capítulo V, DISCUSIÓN DE RESULTADOS: en referencia a los antecedentes del estudio y el marco conceptual desarrollado. Finalmente, se establecieron las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Marticorena Marticorena, Edwin Raul

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, el diseño y construcción de edificaciones va en un gran aumento, cada vez se requieren diseños de estructuras más complejas, que según su funcionalidad exijan mayores luces de vigas reduciendo el número de apoyos pero conservando sus capacidades. Por ello la implementación de nuevas técnicas es muy necesaria, ya que abre un mundo de nuevas soluciones a los diferentes retos del diseño y construcción, tal cual como lo es la técnica del concreto postensado.

El uso del concreto postensado es muy variado, contando desde la construcción de puentes, hasta edificaciones de grandes magnitudes, lo cual lo convierte en uno de los sistemas más eficientes. Su aplicación, en edificaciones es principalmente en la construcción y diseños de los sistemas aporticados, mejorando en gran escala su resistencia, su rigidez, su ductilidad, su diseño y análisis sismorresistente. El sistema aporticado es muy popular y con respecto a la distribución de ambientes es bondadoso y versátil.

El desarrollo de la técnica del postensado ha revolucionado las posibilidades de las estructuras de concreto. De acuerdo a Schinca (1) esta técnica está basada en la aplicación de la tensión en los tendones y anclarlos en los extremos del elemento luego del fraguado del concreto y conseguir así una correcta resistencia. Mediante este método los tensores pueden posicionarse de forma fácil para que puedan compensar los esfuerzos de las cargas externas de forma efectiva: su forma puede adaptarse a las áreas de tracción las cuales se relacionan a la flexión. Vejvoda (2).

menciona que una de las ventajas del método del postensado es que es económico, y hace uso eficientemente todos los materiales de alta resistencia. Entre otras ventajas, García et al. (5) menciona que no se pueden ver articulaciones ya que es una estructura monolítica, y al ser posible tener una losa de placa plana postensada, se elimina la necesidad de techos y la construcción es mucho más rápida que cualquier otro sistema de construcción porque el trabajo de encofrado se puede eliminar después de estresarse, generalmente después de 7 días.

Se sabe que el sistema aporticado es un sistema estructural que se compone del concreto armado, las vigas y columnas descolgadas son los elementos que resisten al sismo donde las rótulas plásticas se encuentran en los extremos de vigas y las bases de columnas de primer piso (6 pág. 16). Y con la aplicación de concreto presforzado (postensado) aplicado a las vigas y columnas, se incrementarán sus características estructurales, mejorando así su diseño.

Londoño (7) señala que las estructuras aporticadas poseen ciertas ventajas, ya que: luego de un periodo largo pueden realizarse fácilmente modificaciones estructurales, ya que permiten su funcionamiento como esqueleto, muros, entre otros; así mismo ciertos elementos de una construcción pueden demolerse sin afectar su resistencia. El proceso de construcción es fácil y depende del recurso para que la velocidad aumente.

El diseño de cualquier estructura está fundamentado en la premisa de que cierta estructura debe ser capaz de realizar las funciones esperadas y absorber completamente los esfuerzos generados en cualquier etapa de su vida útil. No obstante, siempre serán susceptibles a un deterioro gradual y acumulativo a lo largo de la fase de servicio, por lo que en los últimos años se han monitoreado, reparado y reparado estructuras existentes como edificios y puentes; convirtiéndose en uno de los retos más relevantes de la ingeniería civil (8 pág. 1).

Pese a estos deterioros dados por el tiempo, la idea es mantener la edificación en las mejores condiciones todo el tiempo posible. Por ello, al sumar el método postensado al sistema aporticado, se crea un tipo de sistema en que se cuente con más resistencia, una mejor solidez de las losas y los pórticos, ya que este primer componente resulta ser más rígido, a su vez, ahorra materiales ya que al incorporar el sistema postensado, se retiran las vigas y columnas intermedias, para balancear las cargas con las que cuenta la losa. Esto al ser aplicado en viviendas e instituciones brindará más

seguridad a las personas, ya que fuera de contar con una estructura más resistentes, tendrán habitaciones más amplias, las cuales se logran gracias a la combinación de estas dos técnicas.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado del análisis de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son los resultados de la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros?
- b) ¿Cuál es el resultado de la evaluación del análisis sísmico en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros?
- c) ¿A cuánto asciende los costos del concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

La aplicación en nuevas formas de emplear el concreto postensado para diseñar sistemas aporticados beneficia en la construcción de mejores edificaciones mucho más resistentes a fuerzas de tracción, tensión, peso, movimientos sísmicos, carga y otros factores que puedan disminuir su calidad; lo cual representa un avance y beneficio hacia la sociedad y su sistema de viviendas y edificaciones.

1.3.2. Científica o teórica

La investigación se justificó en base al marco teórico evaluado para diseño de estructuras aporticadas, teoría referente a cargas, teoría sobre resistencia sísmica, teoría de concreto y concreto presforzado y la normativa actual sobre edificaciones en Perú. Estos estudios guiaron a la investigación para su correcto desarrollo.

1.3.3. Metodológica

El investigador hizo uso de metodologías propias para la toma de la data en el campo y para procesarlos; además, la metodología a proponer servirá de

antecedente para futuros trabajos experimentales que analicen el uso de concreto postensado en sistemas aporticados.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

Este informe fue desarrollado en
Región : Junín
Provincia : Huancayo
Distrito : Huancayo

1.4.2. Temporal

La tesis fue realizada durante el segundo semestre del año 2020, entre los meses de agosto a diciembre.

1.4.3. Económica

Los gastos de la investigación serán cubiertos por el investigador. No se conto con financiamiento externo.

1.5. Limitaciones

Dada la crisis sanitaria que viene atravesando nuestro país y el resto del mundo la principal limitación encontrada fue la económica. Como es sabido realizar investigación, y en este un diseño de estructura es costoso, por lo cual solo se optó por realizar el análisis de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros mediante el uso del programa SAP 2000. La escasa información teorica y práctica también fue otro limitante.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Analizar el uso del concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los resultados del uso de concreto postensado en la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros.
- b) Realizar el análisis sísmico del uso de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros.
- c) Cuantificar los costos de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Aguilar (9) investigó y tituló a su informe como “Análisis y diseño de un edificio de 8 niveles empleando diferentes sistemas de piso: losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas y losas planas de concreto postensado”, presentado en la Universidad Nacional Autónoma de México a fin de titularse en Ingeniería Civil.

Su motivo de realización fue hacer un análisis y diseñar una estructura para comparar los modelos, reconociendo sus distinciones respecto a su peso, desplazamiento, deflexión de la losa y peralte y el tiempo básico de la estructura. Este proyecto fue de tipo cuantitativo, con un nivel correlacional, con un diseño comparativo. Los resultados del estudio concluyeron en que ambos tipos de concretos tienen beneficios y desventajas, estos no elementos no se contraponen y de manera adecuada estos se complementan. Los usos de ambos elementos generan una solución más factible y eficiente para un proyecto en específico, donde sus diferencias entre los parámetros investigados pueden generar importantes ahorros.

Barrios y Peñafiel (10) elaboraron un estudio titulado “Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos”, presentado en la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, requisito para la titulación en Ingeniería civil mencionado en Estructuras.

Buscó analizar dos sistemas estructurales alternativos al sistema aporticado, esto para identificar que comportamiento sísmico es mejor. De acuerdo a lo allado determinarlos como opciones de construcción en la sociedad, para que así se pueda elegir estructuras seguras ni con una vulnerabilidad sísmica menor. El estudio fue realizado en base a un método de tipo cualitativo, con un nivel correlacional y su diseño fue comparativo. Se pudo concluir que ambos sistemas con muros cortantes son calculados para la resistencia respecto a la elasticidad de las fuerzas del código de Ecuador, estas se representan solamente en una fracción sísmica de diseño; por ende, debe concebirse por una estructura dúctil, donde se disipe la energía al lado donde se encuentra la inelasticidad mediante la fluencia de hacer en sus componentes a flexión, ya que el sismo de diseño cuenta con más fuerzas a las recomendadas. Respecto al sistema aporticado, el diseño de corte que tienen las vigas y columnas son dadas en base a su capacidad de flexión, el otro sistema de muros cortantes, son muros llevados a un 80% del corte causado por sismos, son los componentes diseñados bajo esta norma. Esta consideración beneficia el agotamiento a flexión de estos componentes para que se evite su falla cortante. Por este motivo, según el informe el sistema aporticado con muros de corte junto al otro sistema resultan opciones buenas para ejecutar el proyecto, ya que cuentan con un buen comportamiento sísmico y resultan factibles económicamente.

Quilumba (11) realizó un informe titulado “Análisis y diseño de losa de hormigón armado con elementos postensados”, expuesto en la Universidad Técnica de Ambato, requisito conseguir la titulación de Ingeniero Civil.

Su fin fue analizar y diseñar una losa de concreto compuesto de estructuras postensadas, del entrepiso N+7.74m, del edificio DAYALEE, mediante un programa. Este estudio siguió el método científico, de tipo aplicada y un nivel comparativo. Se concluye que, las estructuras que cuentan con entrepisos con la técnica del postensado, de peralte delgado, se castigan por el aspecto de reducción de los cargos sísmicos, bajo una norma implementada en Ecuador. Este factor resulta proporcional directamente en la ecuación del corte basal, resultando en fuerzas sísmicas menores al R mayor. Concluyéndose que para esta estructura es necesario de un esqueleto rígido, en otras palabras, se

produjeron muros de corte. Los modelos con los que se hicieron los cálculos, empleando fórmulas científicas no las sustentan adecuadamente, datos amplios para los entrepisos con la técnica del postensado. El desempeño de esta losa resulta eficiente frente a las luces que resulten mayores a 7 metros, se demostró que el peralte es reducido, las losas de manera tradicional usadas están compuestas por un concreto armado.

Flores y Paati (12) realizaron una investigación que se titula “Análisis comparativo de las respuestas estructurales entre sistemas aporticados de hormigón armado, con losas postensadas y no postensadas”, expuesto en la Universidad Central del Ecuador, para titularse en Ingeniería Civil.

Buscó realizar comparaciones de las respuestas estructurales (períodos de vibración, desplazamientos, derivas máximas de piso) de un sistema aporticado en hormigón armado con losas postensadas y no postensadas, en edificaciones de 5, 10 y 15 pisos. Aplicada en el tipo, con un diseño correlacional. Concluyéndose que ante la acción sísmica las losas postensadas son más rígidas ya que a estos sistemas se incorporó muros de corte y se retiró elementos estructurales como vigas descolgadas y columnas intermedias, gracias al postensado se pudo balancear las cargas que actúan en la losa, además de obtener mayores espacios libres, luces más grandes y ahorro en los materiales. Otra conclusión fue que los modelos de edificios con postensado tienen menores desplazamientos, un 50% menos para estructuras de 5 pisos, 23% menos para estructuras de 10 pisos y 13% menos para estructuras de 15 pisos. Se obtuvo estos resultados debido a que en estos edificios la rigidez es mayor por la incorporación de muros de corte, mismos que ayudan a evitar desplazamientos excesivos que no estén al interior de los límites permisibles por la normativa. Finalmente, el sistema aporticado con losas postensadas se encuentran a una distancia considerable del límite permitido por la NEC 15; esto permitió visualizar un cambio favorable de las respuestas estructurales en los edificios con losas postensadas.

Hurtado (13) elaboró una investigación que se titula “Comparación técnica – económica del entrepiso de un edificio de diez plantas con sistema dual que emplea losas de hormigón armado o de hormigón postensado”, presentada en la Escuela politécnica Nacional a fin de titularse en Ingeniería Civil.

El objetivo fundamental de este informe fue establecer mediante la comparación económica técnica del sistema de entrepiso de hormigón postensado y uno con hormigón armado de una solución eficiente al problema constructivo para edificios de gran tamaño con sistema dual. La metodología de este estudio se basó en un análisis comparativo. Se concluyó en el uso de un sistema de hormigón postensado disminuye las secciones de hormigón y, por lo tanto, disminuye el peso propio de la estructura, lo cual es un beneficio estructural en áreas de riesgo alto en sismos, ya que la fuerza sísmica que soporta la estructura es directamente proporcional al peso de la misma. La variación del entrepiso de hormigón armado al postensado no presenta incidencia en la ductilidad de un edificio o sobre el sistema resistente a fuerzas laterales, las losas están diseñadas y trabajan para cargas gravitatorias, por ello se requiere definir un sistema resistente de fuerzas laterales de acuerdo a la incidencia sísmica de un área, un sistema de pórticos no es suficiente para una zona de alta amenaza sísmica, se requiere adaptar el uso de muros de corte y definir de forma adecuada el tipo de pórtico que se va a emplear en el diseño. Finalmente, las losas postensadas necesitan de un sistema resistente de fuerzas laterales ya que, estas no forman parte de uno mismo. Estas losas son eficientes bajo cargas de servicio y son poco dúctiles ya que los materiales son de resistencia alta.

Vergel (14) realizó un estudio titulado “Optimización de estructuras aporticadas, mediante un procedimiento de estructuración enfocado en elementos tipo columna”, la cual se presentó en la Universidad de la Costa, optando por la titulación de Magister en Ingeniería.

El objetivo general de la investigación fue lograr la optimización de la estructuración de los componentes de corte de una construcción nueva, de acuerdo a los limitantes de la norma sismo resistente NSR-10, a fin de reducir las dimensiones finales de todo componente estructural de la resistencia a sismos y a cortante. La metodología que siguió el informe fue de tipo cuantitativo, para realizar el modelo matemático respectivo, es la metodología de los componentes finitos, este siguió de los métodos de optimización topológica y programación lineal. Se concluyó que, se pudo optimizar la sección rectangular de las columnas como elementos que aportan a la rigidez

lateral para solicitaciones de cargas laterales, como por ejemplo las cargas de sísmicas, logrando obtener una dimensión mínima de 0.40 y el modelo matemático implementado llevó a soluciones factibles satisfaciendo el criterio de minimización de la sección de la columna, siendo igual a 0.40, al realizar una comparación de los resultados obtenidos evaluando la sección óptima. Con respecto al incremento de la fuerza lateral en cada nivel, se presentaron variaciones en dicha dimensión, contando con un 3% de crecimiento por cada 10% que se incrementa la fuerza sísmica o lateral en el pórtico.

2.1.2. Nacionales

Gonzales y Matos (15) realizaron un estudio titulado “Propuesta de mejora en los registros de calidad para el control del proceso constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones”, presentada en la Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para lograr el título de Ingeniería Civil.

Su razón fue realizar una optimización de los registros de calidad para el correcto manejo de los procesos constructivo con losas elaboradas con la técnica del postensado adherido a estructuras. La investigación se calificó como cualitativa – cuantitativa, de tipo descriptiva, con un nivel descriptivo-explicativo, de diseño no experimental, tomó un cuestionario semiestructurado como instrumento. Se llegó a la conclusión que es posible lograr la optimización de los registros de calidad a fin de reducir las deflexiones, fisuras, y para esto deben de colocarse cables a la altura del diseño, con un levantamiento adecuado de observaciones, capacitando a los trabajadores técnicos y calibrando los nanómetros de los equipos del tensado, de la misma manera se puede afirmar que los registros de calidad pueden optimizarse al construir las losas de postensión adheridas a los edificios para que se evite tiempo adicional por un error en la construcción.

Mestanza (16) realizó un estudio titulado “Estudio comparativo del comportamiento sísmico de estructuras de concreto armado, Lima 2019”, la cual fue presentada en la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, optando por titularse como ingeniero civil.

La razón fue hacer uso de los registros sísmicos de historia del tiempo para establecer el comportamiento sísmico de la construcción de 13 niveles

empleando registros sísmicos realizando el diseño a través del sistema aporticado y sistema dual, para comparar sus desplazamientos, las distorsiones y los momentos de volteo. El diseño se lleva a cabo utilizando el sistema de contribución y el sistema dual, para la comparación de sus desplazamientos, las distorsiones y los momentos de volteo. El método empleado en el estudio fue de tipo aplicada, con un nivel explicativa, por esto, el diseño no es experimental-trasversal. Su población fue un edificio de 13 niveles que se hallan en Lima, la muestra fue de dos edificaciones ya construidas. La técnica empleada fue el software plataformas computacionales o de los programas que está especializado de apoyo, como el ETABS 2016. V20. Se concluye que la diferencia de momento de volteo de una edificación de 13 niveles con un sistema aporticado con un sistema dual considerando registro tiempo historia no lineal. Se determinó las diferencias que tienen en cuanto a momentos de volteo como también el total de diferencia entre estos dos sistemas, brindando como resultado que la diferencia entre un sistema dual y un sistema aporticado varía entre un 9.6603 % ello significa que el sistema dual actúa en esta medida por encima del sistema aporticado. Asimismo, se determinó la diferencia de los desplazamientos de respuesta de una edificación de 13 niveles con un sistema aporticado y otra con sistema dual considerando registro tiempo historia no lineal, en la presente tesis se determinó las diferencias porcentuales que existen entre estos dos sistemas con respecto al desplazamiento que se determinó para cada sistema en la edificación.

Domínguez y Peña (17) elaboraron un informe titulado “Análisis sísmico comparativo por efecto de piso blando entre los sistemas aporticado y dual de una edificación, Trujillo-La Libertad”, expuesto en la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, para titularse como ingeniero civil.

La razón fue determinar cual tiene un buen comportamiento frente a sismos, con el efecto del piso blando del aporticado y el sistema dual. Este informe contó con un diseño descriptivo comparativo, el método empleado fue el modelamiento matemático mediante el programa Etabs. La muestra se compuso de edificaciones de seis niveles. Los resultados fueron los siguientes, el sistema aporticado tuvo una torsional irregularidad fuera de la edificación, además, en la dirección X de la estadística, no tiene la condición de una fuerza

cortante que se reduce por ende no serviría para diseñar los componentes de la estructura. A diferencia del sistema dual, es equilibrado y tiene estándares establecidos en la normativa nacional. Asimismo, se analizaron ambos sistemas, el aporcado presentó 1,0017 de excentricidad, el otro valor presentó 1.036 este no cumple como la condición establecida $e_y < 1$ en un análisis Y – Y; su influencia en la conducta desfavorece el efecto. Al contrario del otro sistema no presenta excentricidad y presentó valores de $v_x:390.24$ ton, y $v_y:405.85$ ton en la fuerza de corte, este se encuentra relacionada a la normativa, haciendo que este sistema dual no presente irregularidades de rigidez. Por lo que se concluyó que el sistema dual tiene un mejor comportamiento.

Soto (18) elaboró una investigación que por título lleva “Aplicación del concreto postensado en vigas para mejorar la resistencia estructural de una edificación de 5 niveles en el distrito de Carabaylo, Lima- 2018”, la cual fue expuesta en la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, para titularse como ingeniero civil.

Su fin fue establecer la disminución del daño a la resistencia estructural a través de la aplicación de concreto postensado en vigas. El diseño de este informe fue prospectivo y longitudinal, de tipo aplicada, con un nivel explicativo, y fue analítico. El grupo de estudio se estructuró por un edificio de concreto pretensado en vigas de cinco pisos de 240 m². Se obtuvieron las siguientes conclusiones, en un análisis de una edificación de albañilería confinada tradicional y una con concreto postensado en vigas se obtuvo los siguientes valores: desplazamientos reducidos con concreto postensado en vigas 34.9%. En la cual da a entender al tener menores desplazamientos la edificación tiende a tener menores deformaciones permaneciendo en el rango inelástico, respecto a la distorsión entre los pisos fue de 1%, el cual da a entender que, al tener una distorsión menor de los pisos, la estructura tiene una distorsión menor.

Ortiz y Vásquez (19) realizaron un estudio titulado “Diseño de un edificio sostenible con sistema estructural aporcado y su influencia en el impacto ambiental del Asentamiento Humano Laderas del Sur, Nuevo Chimbote - 2019”, la cual fue expuesta en la Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, buscando titularse como profesional de ingeniero civil.

La principal razón fue establecer como el diseño de un edificio sostenible con el aporticado estructural y sus influencias en el impacto del ambiente. Correlacional fue de tipo, con un diseño no experimental, la muestra está sustentada en el Edificio Sostenible, la observación y la encuesta se usaron como instrumentos. Se obtuvieron las siguientes conclusiones, el sistema estructural aporticado de acuerdo a la norma ACI-318 cumple con la resistencia adecuada a eventos sísmicos, sin que estas presenten fallas. Asimismo, se determinó que el diseño tiende a cumplir las necesidades de la certificación LEED, el cual es un sello mundial de calidad verde, donde se sintetiza el impacto ambiental cuyo resultado lo certifica a rango platinum con 80 puntos, lo cual, debido a que derivó un puntaje alto, permite inferir que es un impacto positivo, corroborándose la hipótesis planteada en un inicio, consintiendo que éste sirva como modelo cultural según lo obtenido en la matriz Leopold.

León (20) realizó un informe titulado “Análisis comparativo de un sistema sismo resistente aporticado con y sin disipadores de fluido viscoso”, expuesto en la Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería, optando por el título profesional de ingeniero civil. Buscó establecer las distinciones entre un sistema sismorresistente aporticado con y sin disipadores de fluido viscoso. Esta investigación fue aplicada, de nivel descriptivo-comparativo. Se estructuró a la población por los edificios de una altura media halladas en la Ribera del distrito de Huancayo, la muestra fue el sistema estructural (sistema aporticado) de un edificio de ocho pisos en la Ribera. El trabajo concluyó que los valores obtenidos en el cálculo del sistema aporticado con disipadores tiene una variación entre el (57%-64%) para el eje “X” y un valor que varía entre (52%-71%) para el eje “Y”, con respecto a los valores del sistema sin disipadores de fluido viscoso, encontrando una diferencia promedio para ambos ejes de (50%-70%). Un sistema con aporticado con disipadores de fluido viscoso y sin estos, se obtuvo que al implementar disipadores de fluido viscoso al sistema aporticado reduce las distorsiones para el eje X y para el eje Y, reduciendo los daños a diferencia de las distorsiones de una estructura sin disipadores, aumentando a un 30%-80%.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Concreto presforzado

Es un método para reforzar el hormigón, contrarrestando las cargas aplicadas colocándolo en estado de compresión antes de que se apliquen las cargas. El proceso de presforzado consiste en aplicar fuerzas al hormigón través de una extensión de los tendones en relación con el miembro de hormigón.

El hormigón presforzado se basa en crear de forma deliberada constantes esfuerzo en un componente estructural que un mejor comportamiento y así la resistencia aumente. Los componentes utilizados pueden ser desde una simple vigueta para un cuarto hasta traveses de los puentes, con aplicaciones distintas como los durmientes de las vías férreas, rehabilitación de estructuras con consecuencias sísmicas, etc..

El sistema de presforzado está diseñado para obtener el estado tensional final deseado mediante la superposición de fuerzas de presforzado con las causadas por acciones externas. El concreto presforzado es aquel en el cual las tensiones internas (fuerzas) son inducidas por medio de refuerzo presforzado, típicamente, tendones de acero.

A. Tipos de presforzado

Dos métodos comunes de preforzado son el pretensado y el postensado, lo cual depende de cuándo se tensa el acero en relación con la colada de hormigón:

➤ Método de pretensado

Los tendones de acero se estresan antes de la colocación del hormigón, generalmente en una planta prefabricada remota del sitio de construcción (2).



Figura 1. Esquema de cables en concreto pretensado.

Nota. Tomado de “Sistemas constructivos: Hormigón pretensado y postensado”, Schinca, J., UDELAR, Facultad de Arquitectura, 2011, Uruguay, pag 7.

➤ Método de postensado

Los tendones de acero se estresan después de que el concreto se haya colocado y haya ganado suficiente resistencia en el sitio de construcción.



Figura 2. Esquema de cables en concreto postensado.

Nota. Tomado de “Sistemas constructivos: Hormigón pretensado y postensado”, Schinca, J., UDELAR, Facultad de Arquitectura, 2011, Uruguay, pag 7.

B. Ventajas del presforzado

Según Torroja (24), las principales ventajas del hormigón presforzado provienen del estado de tensión de compresión al que está sometido el elemento:

- Se evita el agrietamiento del hormigón. Este hecho reduce la probabilidad de corrosión del acero, lo que aumenta la durabilidad de la estructura.
- La sección obtiene un mayor momento de inercia, lo que proporciona una mayor rigidez y reduce las deformaciones.
- Permite usar óptimamente los elementos de resistencia alta.
- Pueden hallarse elementos más esbeltos y resistentes, con compuestos; respecto a las vigas.
- Se puede obtener un control mayor en la calidad y abatimiento de costos gracias a la producción en serie de las plantas.
- Hay más rapidez de construcción al atacarse al mismo periodo a la vez o construirse en simultáneo varias partes de la estructura; esto generalmente conlleva varios beneficios económicos en un análisis financiero completo.

C. Desventajas del presforzado

Es necesario comentar ciertas desventajas que pueden suceder ocasionalmente en algunas obras:

- La ausencia de coordinación respecto a la movilidad de componentes presforzados llegando a encarecer el montaje.

- Normalmente, debido a la reducción del período de construcción del proyecto, la inversión inicial es relativamente alta.
- Es necesario un detallado del diseño de uniones, apoyos y conexiones.
- De ser planeado de forma cuidadosa todo el proceso de construcción, en especial las fases de colados y montaje en sitio.

D. Concreto pretensado

El pretensado es empleado para dar una descripción de la metodología de pretensión donde las armaduras activas de la pieza son tensadas antes de ser vertidas en el concreto. El concreto suele adherirse al acero en medio del fraguado, y al conseguirse la resistencia requerida, la tensión aplicada se retira del cableado y se transfieren al concreto en forma de compresión. Esta metodología causa buenas relaciones entre el hormigón y armaduras, las cuales son una protección de la oxidación, y permite que se transfiera la tensión a través de la adherencia del concreto al acero. Casi todos estos elementos pretensados tienen restricciones de tamaño porque deben tener puntos de anclaje fuertes en el exterior, estos puntos de anclaje deben separarse de la pieza y el refuerzo debe estirarse a la distancia correcta. Por lo tanto, estos productos se pueden producir en masa en industrias con el equipo adecuado, puede reutilizarse moldes de hormigón o metal y se puede pretensar una gran cantidad de componentes en un solo paso.

Las piezas que se realizan comúnmente con el hormigón pretensado son entrepisos, vigas, dinteles, pilotes, viguetas, estos se aplican en edificaciones, naves, estadios y gimnasios.

Con refuerzos pretensados los alambres o hilos de acero se tensan antes del proceso de hormigonado. Mientras esto sucede, los cables se alargan a medida que se reduce su sección transversal. Una vez que el concreto se ha endurecido, la tensión sobre los hilos se detiene y estos tienden a recuperar su forma original. Confinados dentro del concreto, transfieren la fuerza al elemento a través de la adherencia mejorada por el efecto de Poisson. Los cables están dispuestos con una cierta excentricidad sobre el centro gravitatorio de la sección para generar un momento de flexión, opuesto al generado por las cargas gravitacionales.

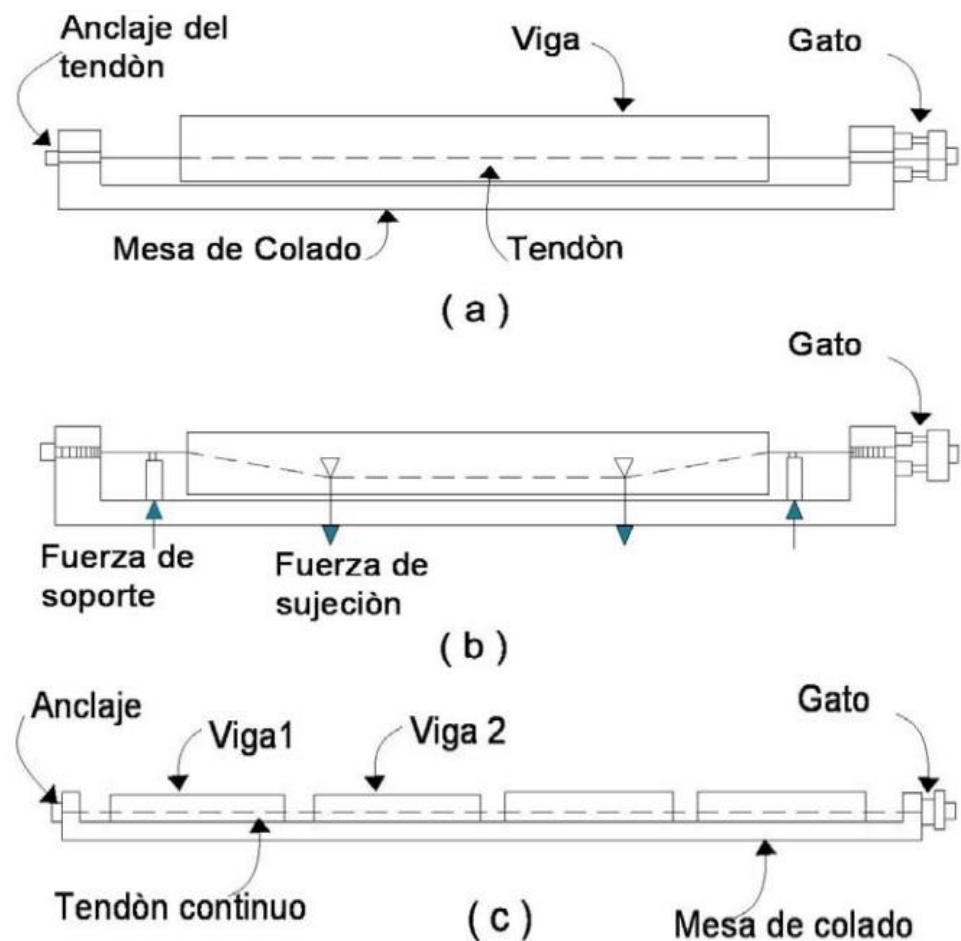


Figura 3. Fabricación de elementos pretensados.

Nota. (a) Diseño de trayectoria horizontal, (b) Desvío de torones, (c) Diseño en producción en serie. Tomado de ANIPPAC, Conceptos básicos de diseño de elementos de concreto presfuerzo y prefabricado, 2015, pag.5.

La acción del preesfuerzo en el concreto está dado de forma interna ya que el anclaje esta adherido. Son rectas sus trayectorias y en los moldes

adaptados pueden darse algunos desvíos para no causar mucho esfuerzo a los extremos (Figura 3). En las áreas donde es excesivo el presfuerzo, como a los extremos de las vigas que se apoyan sin algún desvío de torones, debe de ser disminuida la fuerza preforzante encamizando a ciertos elementos. En la Figura 3 son encontradas ciertas trayectorias que toman los tendones. Algunas características de este método son:

- Previo al colado los torones son tensados.
- Se necesita de anclaje o moldes que se pueden tensar solos.
- Es aplicado a la producción en serie en plantas prefabricadoras.
- Las instalaciones y los moldes son reutilizados.
- El anclaje se da mediante la adherencia.
- Es necesario enductar los torones para el manejo de los esfuerzos en medio de la transferencia.
- Aplica a: los traveses de edificaciones y puentes, viguetas, losas extrudidas, losas, etc. (25).

E. Concreto postensado

Este tipo de concreto se diferencia del anterior debido al retraso de la tensión aplicada a los tendones en su elaboración. Este tipo de concreto se basa en la tensión de los tendones y anclarse al extremo del elemento luego de realizar el fraguado del concreto y lograr una buena resistencia. En este sistema se coloca el cableado de presfuerzo de acuerdo a la trayectoria que se desea, lo que permite una variación de la excentricidad dentro del componente en todo su largo para conseguir flechas y esfuerzos que se desean. Al realizar estas desviaciones del acero de presfuerzo curvas, se puede hacer un diseño eficiente de los elementos.

Gracias a este método los tensores pueden posicionarse de forma fácil para que puedan compensar los esfuerzos de las cargas externas de forma efectiva: su forma puede adaptarse a las áreas de tracción las cuales se relacionan a la flexión.

El postensado puede ser o bien una operación de la planta o in situ. Puede ser que, el concreto se haya colocado in situ y después de endurecido allí puesto en precompresión, o bien puede que se hayan fabricado componentes

individuales se enhebran los cables mediante estos y se ejecuta la precompresión en conjunto para todos, para que se conforme la estructura continua.

Con refuerzos postensados: el cableado de acero se tensa después que el concreto se endurezca. El procedimiento más común introduce conductos en el encofrado, entre los refuerzos, con la curvatura buscada para los cables. Cuando el concreto adquiere suficiente resistencia, los cables se alinean y se tensan con gatos y cuñas hidráulicas.

El postensado es una técnica que presenta un presfuerzo, el cual se basa en la tensión de los tendones y anclarlos al extremo de las edificaciones luego de fraguarse el concreto y después de alcanzar una resistencia adecuada. Previo a la colocación del hormigón, los ductos son fijados orientados adecuadamente. Permite que se varía la excentricidad en el elemento en todo su largo para lograr las flechas y los esfuerzos necesarios. Se deben de rellenar los ductos con mortero o lechada luego hacer el tensado. Las funciones fundamentales del mortero es proteger el preesfuerzo durante las dinámicas largas. En el postensado la acción del presfuerzo es ejecutada de forma externa y los tendones son anclados al concreto con sistemas de anclaje mecánicos, generalmente se colocan a los extremos de los tendones. Este método se usa para elementos de la planta, colocadas en sitio o a pie de obra. Usualmente son aplicados a vigas de grandes tamaños, dovelas para puentes, vigas hiperestáticas, tanques de agua, etc. Sus respectivas trayectorias pueden ser curvadas, permitiendo un diseño eficiente de componentes hiperestáticos y evitando de esfuerzos en los extremos constructivos (Figura 4).

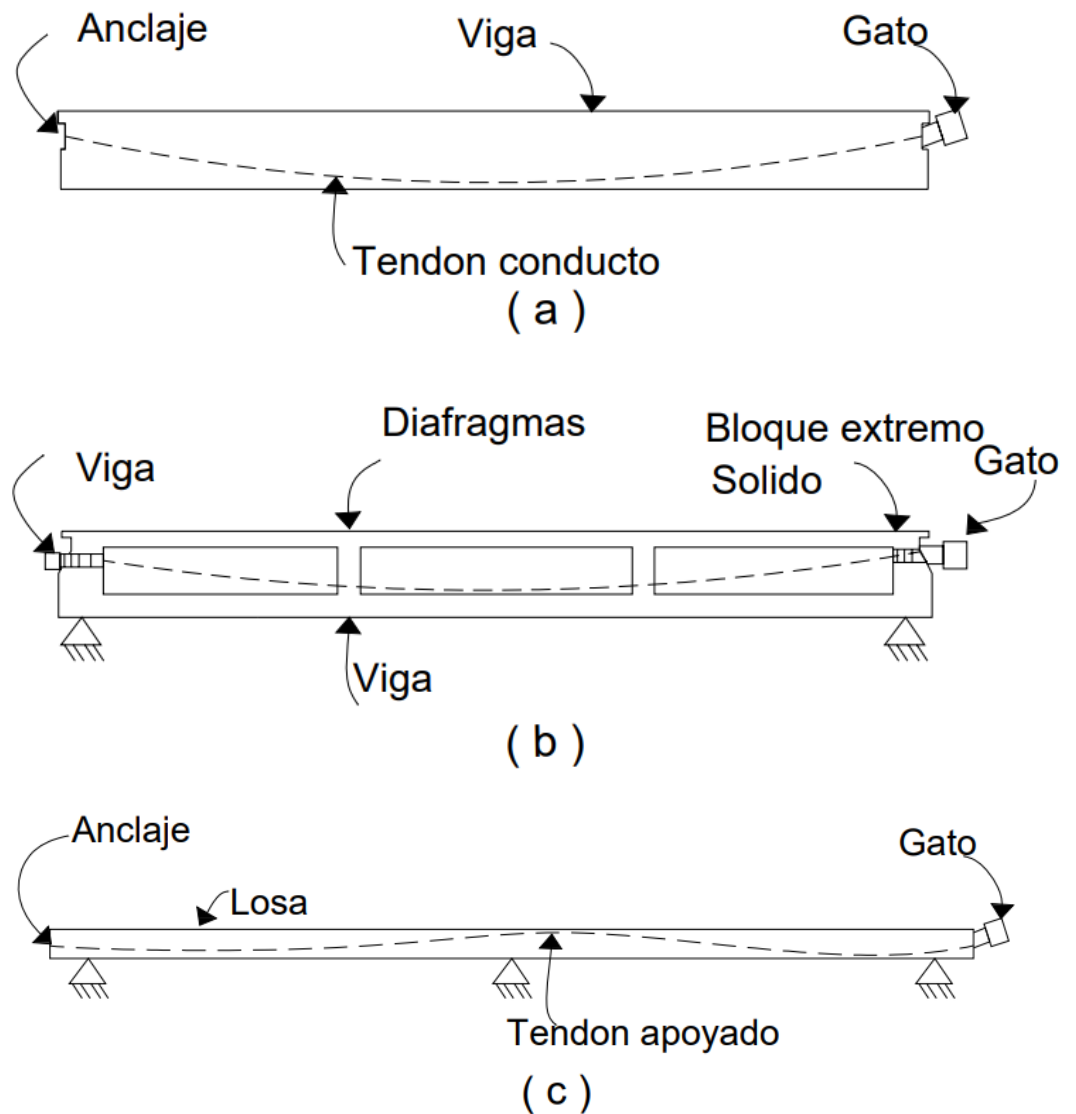


Figura 4. Trayectorias clásicas de tendones en vigas con diseño postensado.
 Nota. Tomado de ANIPPAC, Conceptos básicos de diseño de elementos de concreto presfuerzoado y prefabricado, 2015, pag.6.

➤ Características

- Los torones son tensados luego de realizar el colado.
- Es realizado principalmente en obra.
- Se necesita tener ductos ahogados y que se ubiquen de acuerdo a las trayectorias calculadas.
- Luego deben ser tensados los torones, se requiere de la inyección de los ductos con mortero para la protección de los torones.
- A través de los anclajes especiales, se ejerce de forma extrema la acción del postensado.

- Se aplica en: dovelas de puentes, losas con presfuerzo bidireccional, vigas hiperestáticas (25).
- Se inducen las fuerzas de compresión en una estructura de concreto al tensar los tendones de acero estructurados por barras o hebras halladas en los conductos incrustados en el concreto. Se instalan los tendones luego de que el concreto se coloque y se cure lo suficiente para una resistencia a la compresión inicial prescrita.
- El gato hidráulico es conectado a ambos extremos del tendón y es presurizado a un cierto valor mientras contra es apoyado contra el extremo de la viga de concreto. Esto induce a una fuerza predeterminada en el tendón y el tendón es alargado bajo dicha fuerza. Luego de aumentar la fuerza necesitada, la fuerza en el tendón es transferida del gato al último anclaje.
- Los tendones estructurados de hebras se aseguran por cuñas de acero que sujetan cada hebra y se asientan adecuadamente en una placa de cuña- Esta placa tiene todos los hilos y osos en un solo anclaje hecho de acero.
- El anclaje puede ser una fundición especial con tres superficies de soporte concéntricas que transfieren la fuerza del tendón al concreto o una simple placa de soporte para el acero. Los tendones de barra en general se encuentran anclados y roscados mediante tuercas esféricas apoyadas contra una placa de soporte rectangular la cual está fundida en el concreto. Las colas que se encuentran en las barras o filamentos de los tendones permanentes son cortadas empleando una sierra de disco abrasivo o un corte de plasma luego del esfuerzo. No debe ser usada el corte con llama ya que daña las especificaciones del hacer pretensado. Después, los tendones son agrupados empleando una base de cemento o lechada. Es lechada es bombeada mediante una entrada de lechada al conducto mediante una bomba.
- La lechada se elabora bajo condiciones controladas empleando salidas de lechada para que se asegure el anclaje del conducto y las tapas de lechadas se llenen completamente. Luego de rejuntar, los anclajes se

encuentran protegidos por varios niveles de protección adecuados a la demanda de la estructura (26).

➤ **Usos**

- Puentes contruidos por voladizo: Busca su rigidez construida y para las flexiones busca la resistencia.
- Centros comerciales: Combina de manera eficiente los niveles de estacionamiento con los cines y comerciales.
- Puentes por dovelas prefabricadas: Para la unión de las dovelas y para tomar flexiones y cortantes.
- Puentes empujados: La unión de dovelas y busca la resistencia de los cortantes y flexiones en el tiempo de empuje.



Figura 5. Centros comerciales con sistema postensado.

Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 35.

- Aulas para escuelas y universidades: Tiende a aprovechar la economía para la realización de claros grandes.



Figura 6. Aulas con sistema postensado.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 42.

- Auditorios y centros de comercio.
- Techo ligero de gran luz con techo de metal.

F. Tipos

Hay varias maneras de encarar al postensado de una losa, el postensado no adherente y adherente (1 pág. 7).

➤ **Postensado adherente**

Este tiene una diferencia en la vaina, que luego de ser tensado, se rellena con un mortero buscando que se asegure la protección de la tensión del acero y su adherencia a la estructura, esta estructura es más segura que el sistema que no se adhiere, ya que la tensión no depende del anclaje, sino también de la adherencia superficial.

En primer lugar, se rellenan los ductos con lechada o mortero luego que se haya tensado y anclado al acero de presfuerzo. Las principales funciones de la lechada o mortero son de brindar protección al acero frente a la corrosión y evita los movimientos relativos entre los cables en medio de las cargas dinámicas. Este tipo de sistema no es competitivo y no cuenta con mucha difusión en construcciones edilicias (1 pág. 7).

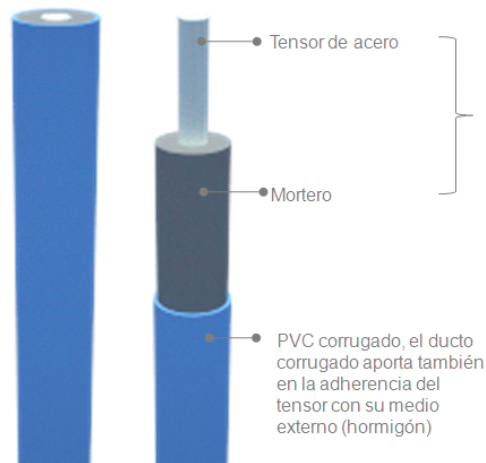


Figura 7. Sistema adherido postensado.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 35.

- Lo importante es que debe haber adherencia del mortero con el acero. Ello proviene de la rugosidad natural de la ondulación, y el espacio del cable es pequeño..
- Los ductos: no deben de reaccionar de forma química.
- El diámetro del ducto debe de ser menos de 6 mm de diámetro para que resulte fácil la inyección de lechada.
- Los ductos que tengan más de tres tendones deben de contar con un área de sección doble al área de los tendones (5 pág. 35).
- Partes del tendón
 - Placa de cuñas (1)
 - Placa de apoyo (2)
 - Tensor (3)
 - Punto De Rotura (4)
 - Tubo primario de inyección (5)
 - Distanciador (6)
 - Lechada de cemento, dentro de ducto corrugado (7)

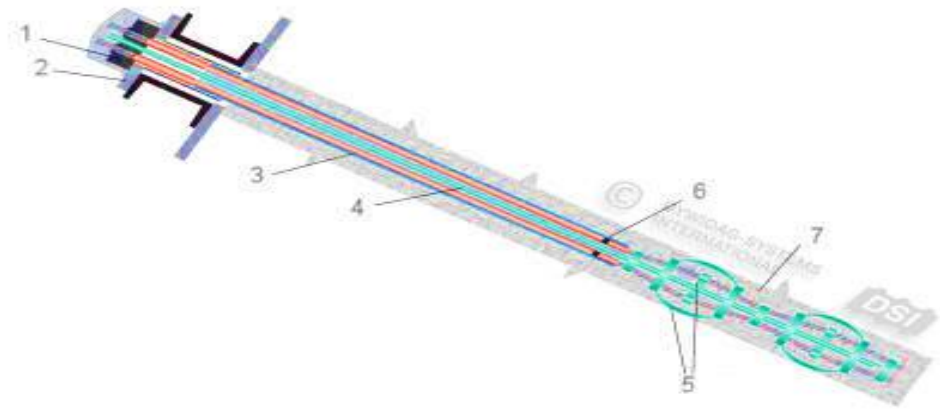


Figura 8. Partes del tendón.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 36.

➤ **Postensado no adherente**

El sistema postensado está compuesto de un mono-filamento con grasa que inhibe la corrosión y está con una capa – funda plástica para protegerse, por ello hay libre desplazamiento. El tendón y el hormigón contactan más directamente, pero la desventaja es que el ancla eventualmente fallará, lo que hará que el tensor anterior se deslice y provoque la ruptura de la losa, porque la fuerza de la tensión a menudo depende del extremo.

Las aplicaciones usualmente son las vigas dimensionales amplias, losas con presforzado, vtanques de agua, etc.

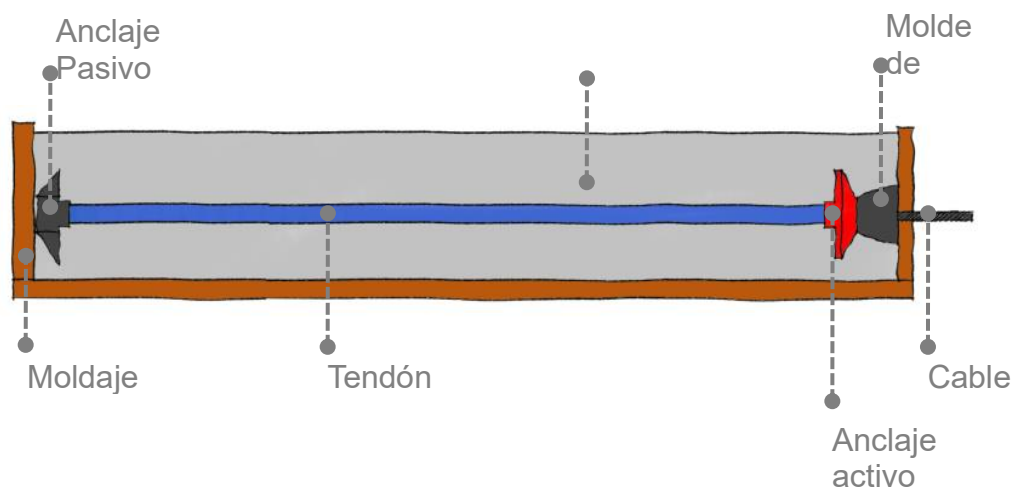


Figura 9. Sistema postensado no adherido.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

➤ **Elementos constituyentes**

Molde y cuñas para posición (lado activo) Molde de posición es clavado, luego se retira el hormigón de forma que se tense el cable, luego de retirarse el molde de posición son introducidos de forma vertical dos cuñas que permitan la tensión del cable. El Anclaje del cable postensado en el lado pasivo esta compuesto por el anclaje standard el cual es un tendón que no se estirará y el anclaje encapsulado el cual tiene un tubo de protección y una tapa engrasada, empleando los entornos de clima agresivo o lugares marinos, para evitar la entrada de la humedad.

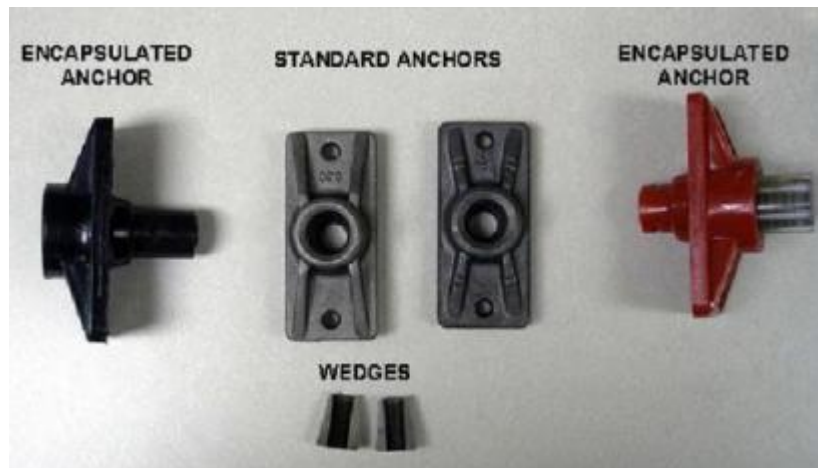


Figura 10. Anclaje del cable postensado.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

El cable o tendones (no adheridos), monofilamento de 7 alambres para que las vigas de postención se ejecuten mediante el sistema que no se adhiere al postensado gracias a una funda.



Figura 11. Cables no adheridos.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

Separadores o sillas, presentan tamaños diferentes y son empleados para el logro de una curva necesaria en el cálculo estructural, para lograr las flechas y esfuerzos que se desean. Son colocados antes del vertido del hormigón

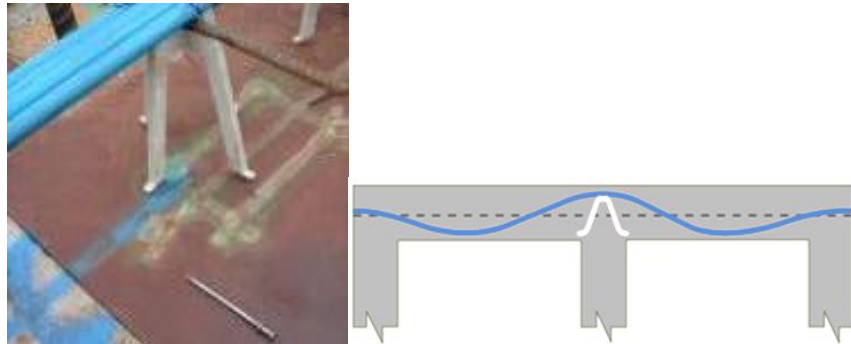


Figura 12. Separadores.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

➤ **Equipo de tensado**

El Gato de tensión y bomba hidráulica es el encargado de suministrar la tensión en los cables.



Figura 13. Gata de tensado.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

Manómetro, para controlar la presión, del cable



Figura 14. Manómetro

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 30.

➤ **Proceso constructivo**

- El diseño de la mesa, teniendo en cuenta las vigas donde se lococaran los cables.

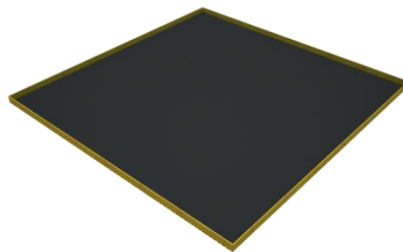


Figura 15. Base del perímetro.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

- Se cubre con la rejilla de fierro.

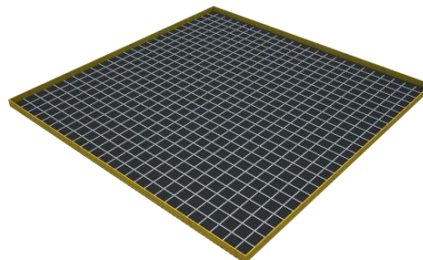


Figura 16. Perímetro con rejilla.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

- En las vigas es instalado el sistema de tendones. En ambos lados (pasivos y activos) deben ser fijados a los dos (moldaje y armadura).

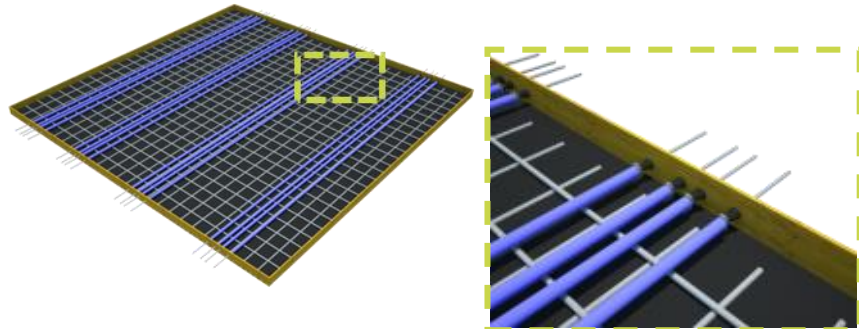


Figura 17. Instalación de sistema de tendones.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

- Se disposición de cables en la viga.

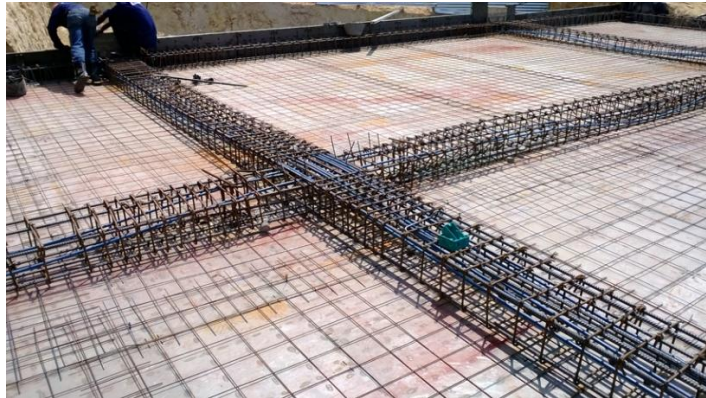


Figura 18. Disposición de cables en las vigas.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 30.

- Se vierte el hormigón.

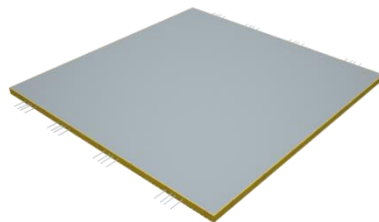


Figura 19. Puesta del concreto.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

- Después de fraguarse, obteniendo una resistencia de 80%, se tensa los tendones.

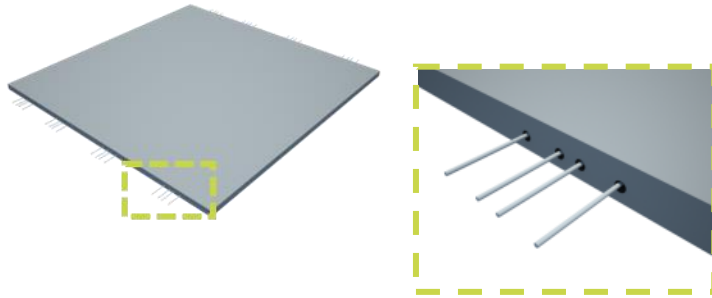


Figura 20. Previo al postensado.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

- Se estiran los tendones mediante una gata hidráulica el cual tiene reacción con el mismo hormigón, y se observa si se pasan de cables.

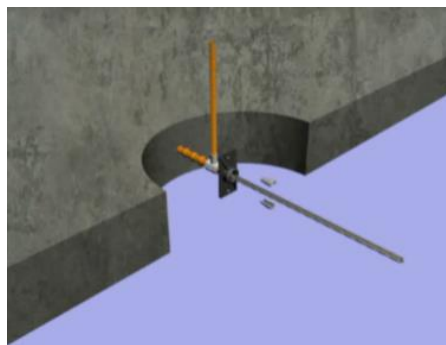


Figura 21. Ajuste de los cables con las cuñas.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 34.



Figura 22. Tensión de los cables con la gata.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29

- La gata se retira y la tensión de los cables pasan al concreto, en caso especiales es puede notar una contraflecha en la viga, la cual ayuda a mejorar la resistencia del elemento estructural de la viga.

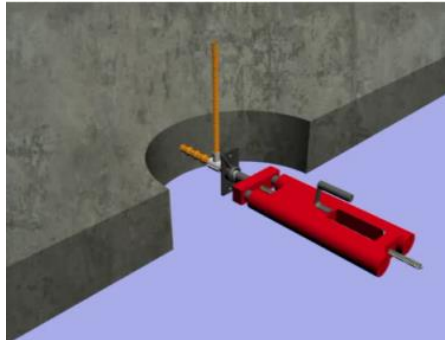


Figura 23. Retiro de la gata.

Nota. Tomado de “Concreto presforzado”, García et al., 2015, Instituto Tecnológico de Tijuana, México, pag. 29.

- En la fase de transferencia, a medida que la varilla de anclaje se libera de la presión del gato hidráulico, estas fuerzas se transfieren al hormigón, este último habiendo alcanzado generalmente una resistencia del 80%. Aquí suceden pérdidas de forma instantánea y deslizamientos inevitables, estas se prevén por el cálculo estructural, los actos a tomar en cuenta son el esfuerzo que al momento actúa y el peso de componente en sí. Además en algunos casos se puede notar una pequeña contraflecha en la viga debido a las fuerzas de los cables tensados.
- En la etapa final se debe tomar en cuenta los términos de servicio considerando los esfuerzos permisibles, agrietamientos y deformaciones, y los términos de resistencia última de forma que luego de lograr resistencia se consiga algún fallo dúctil.

➤ **Elementos**

- **Concreto**

El hormigón que se usó en los componentes postensados deben de tener la resistencia necesaria para que las distintas fases de carga no

sean sobrepasadas por los esfuerzos admitidos, antes y después de la comprensión.

Una ventaja de esta técnica, es que se puede lograr una resistencia buena del postensado fuera del molde, para eso es necesario conseguir resistencias altas inicialmente para que se optimice la producción. Se usa el concreto para un presfuerzo por contar con una resistencia y calidad mayor respecto al que se usa en construcciones. El rango de valores se encuentra entre los 210 y 500 kg/cm². Cuando el hormigón alcanza la resistencia del 80 % mínimo para tensar los cables.

- **Acero**

El cable postensado está compuesto por múltiples grupos de hebras de acero de alta resistencia. Esta es la especificación relevante para el uso de una menor resistencia del líquido residual, lo que resulta en un mayor porcentaje de pérdida de resistencia del acero (27).

Los alambres son fabricados con la laminación de los lingotes de acero buscando lograr alambres redondos que luego de que se enfrían, pasan mediante troquetes para disminuir el diámetro buscando el tamaño buscado. Se estira en frío, modificando las propiedades mecánicas e incrementa su resistencia. Luego, la tensión residual se libera mediante tratamiento y luego se calienta hasta que se logran las propiedades mecánicas detalladas. Los alambres son realizados en diámetros que oscilan desde el 3 hasta 10 mm y las resistencias se encuentran entre 16000 y 19000 kg/cm².

- **Ductos**

Los ductos donde se enhebran los cables se realizan de diferentes elementos como los metálicos y los plásticos, en ambos casos el interior debe contener grasa que permita el desplazamiento del torón durante el tensado.

- **Lechadas de inyección**

Esta es empleada para completar los ductos luego de finalizar el tensado. Esta debe presentar fluidez para que se asegure el llenado de la tubería. En general, esta se compone de agua y cemento, y usualmente cuenta con un plastificante que retarda la llama, si es más

grande la tubería, se puede emplear un elemento de relleno como sería la arena fina (28 pág. 24).

- **Anclaje**

Los anclajes cuentan con la función de transmitir la fuerza de tensión del cableado a la superficie del hormigón duro. Estos se dividen en anclajes fijos y anclajes móviles. Los anclajes fijos o pasivos son enterrados en bloques de hormigón y no se permiten operaciones de tensado a través de ellos. Estos son buenos si se quedan en el trabajo, son más baratos. Los anclajes activos son por donde se tensara los cables con el gato hidráulico en ellos se coloca las cuñas que impedirán que los cables se contraigan.

- **Desventajas y precauciones**

Transporte y montaje necesarios para componentes postensados. No favorece la distancia de trabajo desde la fábrica. (5 pág. 27).

- El diseño resulta más difícil y debe de ser detallado.
- Se organiza detalladamente el desarrollo de la construcción, especialmente en las fases de montaje.
- Los apoyos, conexiones y uniones, son detallados y deben ser supervisados continuamente.
- Al ser una técnica relativamente nueva, la ausencia de la coordinación del transporte de los componentes, puede retrasar el proceso constructivos.
- El proceso de construcción debe planificarse y supervisarse cuidadosamente, especialmente durante las etapas de montaje y tensado.

- **Ventajas del concreto postensado**

- Largos tramos de vigas.
- Uso efectivo de materiales de alta resistencia.
- Cantidad mínima de refuerzo unido sobre soportes de miembros continuos postensionados (2).
- No se pueden ver articulaciones ya que es una estructura monolítica.
- No hay curvatura ni desviación en un miembro postensado con carga de servicio.

- Las grúas y otros equipos pesados no son necesarios.
- Es una construcción monolítica sólida fundida en el lugar completamente segura y resistente a los terremotos.
- Cuando se requiere una altura limitada, se pueden construir más pisos debido a las vigas y losas menos profundas.
- Muchas otras ventajas le corresponden al arquitecto o ingeniero propietario, como la flexibilidad de diseño, la altura reducida del edificio y mejores características estéticas (29).
- Disminuir el uso de los elementos de construcción llegando a un 40% del concreto y un 75% de los materiales de acero.
- Se presenta la eficiencia en el uso del concreto.
- Rentabilidad por la eficiencia presentada en la construcción.
- La edificación tiene un peso menor.
- Reduce las consecuencias sísmicas.
- Se precisa el diseño haciendo el uso del Método de Elemento Finito

2.2.2. Diseño de estructuras aporricadas

A. Sistema aporricado

Es un tipo de sistema especial compuesto de concreto armado, las vigas y columnas son los componentes que resisten a movimientos sísmicos donde las rótulas plásticas están ubicadas a los cantos de cada viga y las columnas que se encuentran en el primer nivel.

La estructura llega a basarse de acuerdo al pórtico de un grupo de columnas y vigas que se conectan de manera rígida por nudos, estos dan características básicas a este método, las columnas y vigas son apoyados por la mampostería (7)

Dicho sistema se conforma de columnas y vigas de cemento armado (7) , las cuales se conectan a través de nudos rígidos que relacionan los flectores y los axiales a las columnas y estas a su vez a los cimientos (6 pág. 16).

Los métodos de pórticos se construyen en estructura metálica o en hormigón reforzado, estos son el esqueleto de la edificación, llegando a soportar diversas cargas de flexión, comprensión y cortante a través de la unión de los componentes estructurales (7).

Este es un sistema muy popular y el más antiguo. Respecto a la distribución de ambientes es bondadoso y versátil. Es empleado para las paredes mampostería de ladrillo para rellenar los pórticos, relacionándolos con un mortero para que estructure sistemas monolíticos, interiormente es revocado. Este pide realizar una contramarca en la colocación de los sistemas hidrosanitarios y eléctricas las cuales son cortadas por la mampostería para colocarlas. Son producidas por simples equipos y mano de obra simple, en otras palabras, mayor hora/hombre en la producción de cada actividad, su elaboración húmeda es pesada, lenta y por ende, cuesta (6 pág. 16).



Figura 24. Estructura de sistema aporticado.

Nota. Tomado de “Análisis comparativo de los sistemas constructivos – aporticado y manoportable”, Aguirre y Zuñiga, 2019, UCE, 2019.

B. Materiales para el sistema aporticado

➤ **Concreto**

La resistencia del hormigón empleado en este tipo de estructuras es alta, deben de realizarse algunos ensayos para que se garantice la calidad del concreto empleado. El hormigón brinda beneficios a la rigidez de la edificación (7 pág. 38).

➤ **Acero de refuerzo**

Este aporta flexibilidad a la estructura y aumenta su resistencia a la tensión gracias a sus especificaciones físicas y mecánicas (7 pág. 38).

C. Elementos estructurales del sistema aporticado

Para el método aporticado se tienen componentes estructurales, como vigas, a esto se le suma el empleo de las columnas como componentes verticales que soportan cargas a compresión. La notable acerca de las vigas de este sistema es que los tamaños de estos componentes son de más sección al compararse con otros métodos, al encargarse de transmitir la carga hasta las columnas (7 pág. 38).

➤ **Suelo de cimentación**

En cuanto a su rendimiento, es el material de ingeniería nada impredecible, por lo que el factor de seguridad utilizado es 3 en relación con la resistencia. La tipología de suelos y los tipos de estructuras representa la diversidad de cimentaciones (6 pág. 17).

➤ **Cimentación**

Forma parte de la estructura que transmiten las cargas que actúan al suelo; por ende, es un nexo entre el suelo y la estructura. Al recibir esta carga, los suelos se comprimen en diferentes grados, y causan asentamientos de los materiales de cimentación y en toda la edificación. En la fase de diseño, el asentamiento absoluto debe gestionarse como una diferencia (6 pág. 17).

La profundidad y el ancho de los cimientos son determinados por cálculo, según las especificaciones del campo, el material empleado y el peso que es soportada (6 pág. 17).

➤ **Vigas**

Se le conoce así al componente constructivo estructural lineal que en un principio trabaja a flexión. La longitud predomina frente a otras dimensiones (6 pág. 18). Para Londoño (7 pág. 37), estos son componentes de la estructura de disposición horizontal, que trabajan fundamentalmente a flexión, se encargan de transmitir cargas del entrepiso o cubierta, hasta las columnas de la estructura. Las vigas en concreto reforzado están compuestas internamente por una armadura de acero corrugado el cual lo hace más fácil al momento de trabajar a flexión.

Estos elementos soportan 15 esfuerzos de flexión causando tensión de tracción en las fibras inferiores y tensión de compresión en las superiores. En toda la historia, las vigas fueron construidas de diferentes elementos; la

madera fue de las más usadas ya que soporta grandes esfuerzos de tracción. Desde la revolución industrial, las vigas son de acero, elemento isotrópico. El acero tiene ventajas sobre el hormigón y puede soportar alta tensión y compresión después de usar hormigón armado y tensiones recientes previas y posteriores a la tensión (6 pág. 18).

➤ **Columnas**

Los cilindros son componentes de la estructura que se someten a compresión grupal, y la forma en que están diseñados para doblarse es llamar a la combinación resultante flexión por compresión (6 pág. 17). Según Londoño (7 pág. 37), las columnas están encargados de recibir las cargas transmitidas por las vigas y luego estas pasan a la cimentación de la edificación. Las columnas varían su sección según las cargas que van a recibir, por eso depende de un ingeniero estructura establecer la sección requerida para las columnas.

El efecto geométrico que tiene la columna es conocido como esbeltez y es importante, ya que su forma tiende a depender de la esbeltez, si son poco esbeltas la falla es por aplastamiento y los más esbeltos son por erróneos por el pandeo (6 pág. 17).

➤ **Losas de entrepiso**

Son componentes de la estructura de concreto reforzado que separa los niveles de las edificaciones, estas transmiten las cargas vivas de movimiento y las muertas hacia los apoyos de una edificación. Cada losa se estructura por diversos tableros que se limitan lateralmente por vigas de apoyo. Estas pueden ser alivianadas o macizas y de acuerdo a la modulación se pueden diseñar armadas en una o dos direcciones (6 pág. 18).

➤ **Escaleras**

Este elemento fue diseñado para comunicar diferentes ambientes. Se forma de escalones, estos tienen dos partes, la horizontal es conocida como huella, y la vertical es conocida como contrahuella estableciendo la altura del escalón, pueden disponer diferentes tramos separados por descansos. Estos elementos tienen formas diferentes y de gran variedad por sus diseños (6 pág. 18).

D. Ventajas y desventajas del sistema aporticado

Según Londoño (7 pág. 42), las ventajas son:

- Luego de un periodo largo pueden realizarse fácilmente modificaciones estructurales, permiten su funcionamiento como esqueleto, muros, entre otros electos pueden demolerse sin afectar la resistencia de la casa.
- El proceso de construcción es fácil y depende del recurso para que la velocidad aumente. Mayor facilidad de los arquitectos, desde que se cuente con un diseño rigurosos este presta para la realización de sistemas fuera de lo usual.
- Es casos sísmicos, los desplazamientos son pronunciados generando más daños internos, en elementos que no pertenecen a la estructura.
- Por otro lado, las desventajas son:
- La estructura tiene un peso muy grande, por ello se necesita de la cimentación detallada más robusta para que las cargas se transmitan.
- Los periodos de ejecución se afectan mientras le alcanza la resistencia del hormigón luego de fundirse.
- Se necesitan sistemas y herramientas específicas, esto depende de la disponibilidad para su avance rápido.

E. Estructura de la edificación

Para que se realice un buen análisis estructural y luego llegar de forma correcta a la etapa del diseño, se requiere considerar los principales puntos de estructuración que se recomiendan recomendados en la norma E030 (30), los cuales son mencionados en los siguientes puntos.

➤ Simetría y simplicidad

Es recomendable que se cuente con una simetría y simplicidad en las dos direcciones buscando un equilibrio en el centro del componente con el centro rígido, consiguiendo evitar que se den rotaciones perjudiciales en la edificación, un claro ejemplo se muestra en la Figura 25, donde se puede observar la simetría y simplicidad en la distribución de los muros cortantes (31)

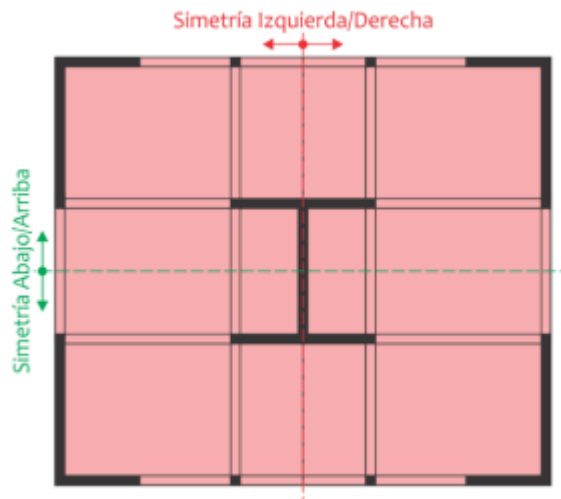


Figura 25. Estructura Simétrica.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

➤ **Ductilidad y resistencia**

La estructura debe de resistir sismos. Esto se puede lograr de dos maneras:

a) brindando a la estructura una ductilidad que pueda permitir que se incurse en un nivel inelástico., b) dando a la estructura un número adecuado de componentes resistentes a los sismos (31).

➤ **Continuidad y uniformidad**

Este punto tiene el fin de evitar las variaciones bruscas de la rigidez en la elevación y en la planta, para que su concentración impida los esfuerzos de algunos puntos. Se puede observar en la siguiente figura una uniformidad de los componentes que resisten constantemente (color grisáceo) y los que no son constantes (color rojo) para los componentes verticales de una estructura (31).



Figura 26. Discontinuidad en Elevación de componentes resistentes.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

➤ **Rigidez lateral**

Para que una edificación esté preparada frente a cargas en los laterales sin tener muchas deformaciones, debe de proponerse componentes estructurales con gran rigidez (32).

➤ **Diafragma rígido**

Por lo general, en el análisis, la existencia de placas rígidas en el plano se considera como el supuesto básico. En este supuesto, se puede esperar que cada estructura distribuya la fuerza a los muros y columnas de acuerdo con la rigidez del lado y mantenga la misma fuerza (32). Los criterios a considerar para que una losa se comporte como un diafragma rígido, son: a) tener un vaciado grupal con las vigas a efecto del monolitismo; b) manejar la relación ancho y largo a un valor de cuatro como máximo y c) manejar el nivel porcentual de las aberturas, no se recomienda contar con varios vacíos o ductos en gran cantidad, ya que estos reducen la rigidez y el comportamiento grupal de los componentes estructurales, esto es mostrado en la siguiente figura (31).

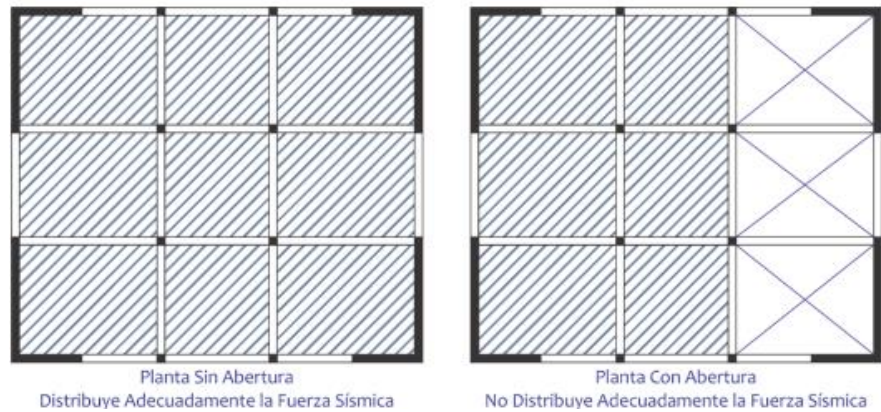


Figura 27. Diafragma Rígido sin abertura y con abertura.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

F. Diseño de elementos de concreto armado

➤ Vigas estructurales

- Vigas sísmicas: Para dimensionar adecuadamente a las vigas que resisten sismos debe de garantizarse la rigidez y la resistencia como cargas gravitatorias y laterales por sismo (31).
- Vigas de tramos seguidos: En la siguiente figura se perciben las variables que pertenece a lavase y el peralte de las vigas que pertenecen a los pórticos en el eje x y eje y.

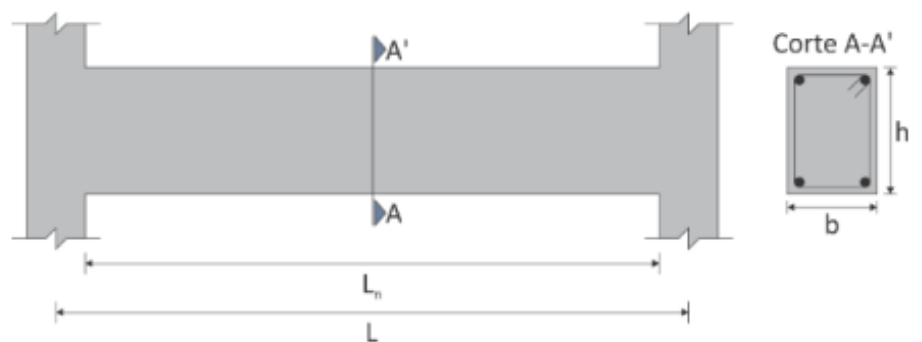


Figura 28. Sección Desconocida de Viga Peralzada.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

Peralte:

$$h = \frac{L}{12} - \frac{L}{10}$$

Base:

$$b = \frac{1}{3}h - \frac{3}{4}h$$

Cabe resaltar que la normativa peruana del hormigón especifica que para vigas sísmicas el ancho mínimo es de 25 cm.

➤ **Vigas no sísmicas**

Las viga chata no tiene fórmula que permita conseguir las dimensiones fundamentales de este tipo de viga, esta es el motivo por el cual, ciertos autores solo mencionan los anchos debido a su experiencia. El criterio a aplicar, está encargado de establecer el ancho con el que se pueda absorber la fuerza cortante última producida por la carga que este soporta. No obstante, es recomendable contar con el mismo espesor al de la losa aligerada, a fin de no producir complicaciones en el proceso de construcción.

- Metrado de Cargas y comparación de la V_u y ΘV_c .

- Carga muerta

P. Viga Chata: $2400 \text{ Kg m}^3 (b)(0.25 \text{ m}) : 600b \text{ Kg/m}$

P. Acabados: $100 \text{ Kg m}^2 (b) : 100b \text{ Kg/m}$

P. Tabiquería Fija: $1350 \text{ Kg m}^3 (0.15 \text{ m})(2.40 \text{ m}) : 486.00 \text{ Kg/m}$

$$P_{CM} = 700b \frac{\text{Kg}}{\text{m}} + 486.00 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Carga Viva (CV)

s/c: $200 \text{ Kg/m}^2 (b) : 200b \text{ Kg/m}$

$$P_{CV} = 200b \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Carga Última (CU)

$$P_{CU} = 1.40(P_{CM}) + 1.70(P_{CV})$$

$$P_{CU} = 1320(b) \frac{\text{Kg}}{\text{m}} + 680.40 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

- Diagrama de fuerza cortante

Se encuentra en la Figura 29 la idealización de la viga chata al eje de sus apoyos, de la misma forma, la representación del diagrama de fuerza cortante encontrada a una distancia “d” de la cara donde se apoya.

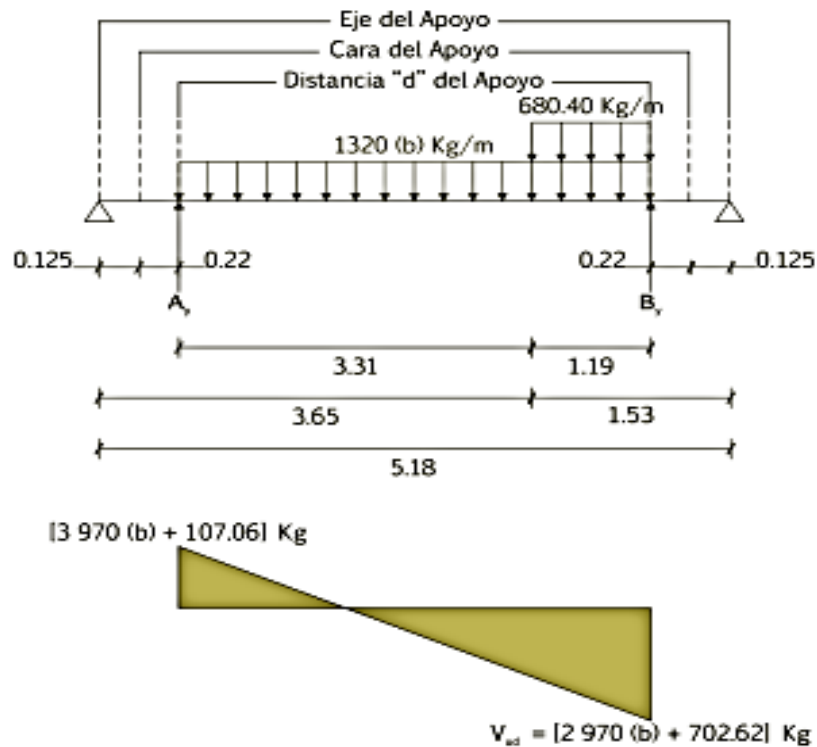


Figura 29. Diagrama de Fuerza Cortante para la Viga Chata.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

- Calculando su ancho (b):

La condición que debe cumplirse es la siguiente:

$$\phi V_c \geq V_u$$

Se propone lo siguiente:

$$b_w = 0.25m$$

$$08.85 * 0.53 * \sqrt{210x} b_w * 22 \geq 2970.00b + 702.62$$

$$3.59 \text{ Ton} \geq 1.45 \text{ Ton (Ok!)}$$

Se toma: $b_w = 0.25$ metros

Este tipo de vigas se caracterizan por cargar su propio peso y el de los tabiques, por este motivo se requiere realizar un predimensionamiento que pueda ayudar a la determinación de sus dimensiones. De acuerdo a los cálculos realizado con anterioridad, se propone una viga chata con un ancho de 0.35- y un peralte de 0.20 m, ya que esto soportará el peso de los tabiques distribuidos paralelamente a su armado, por lo tanto, se requiere dotar de más resistencia a los cortes, lo cual es conseguido

aumentando el ancho de la vigueta y transformándolo en una viga chata.

La función de esta viga es cargar su propio peso y el de los tabiques (31).

➤ Losas de concreto armado

Es recomendable que tomar en cuenta en la parte del pre-dimensionamiento los espesores razonables que puedan evitar el cálculo de deflexiones. Estos pasos evitarán fisuras innecesarias en la fase de servicio de la estructura construida (31).

- Losa aligerada – 01 Dirección: En la Figura 30 puede apreciarse que, para un buen pre-dimensionamiento de las losas aligeradas en una dirección, debe de tomarse en cuenta que los apoyos sean vigas. Un punto relevante es la verificación de las deflexiones, por este motivo debe de considerarse toda la sobrecarga que pueda tener el paño o los paños que se están analizando. Si la sobrecarga resulta menor o igual a 350 Kg/m^2 este se va a pre-dimensionar con la luz libre dividida igualmente por 25, para que las sobrecargas mayores a la que se menciona el pre-dimensionamiento se encontrará dado por la luz dividida por 21 (31).

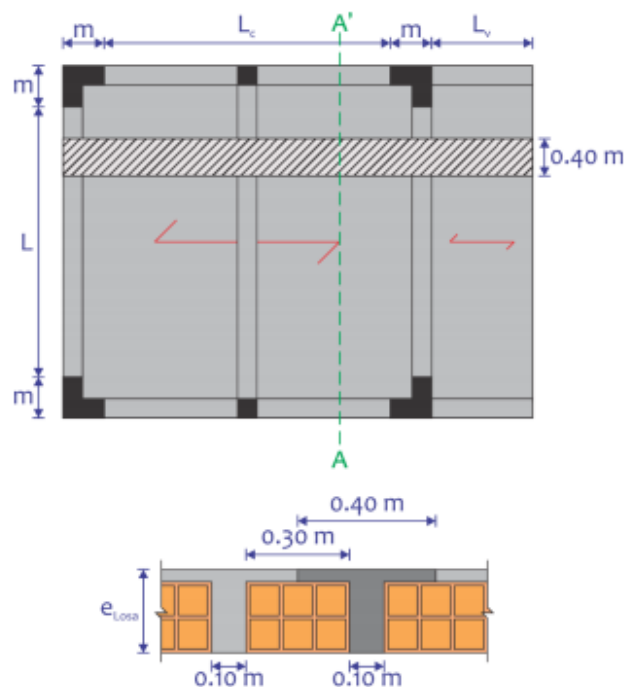


Figura 30. Losa aligerada en una dirección.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aperticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

1. Primera condición:

$$e_{losa} = \frac{l_n}{25}; \text{Para sobrecargas} > 350 \frac{Kg}{m^2}$$

2. Segunda condición:

$$e_{losa} = \frac{l_n}{21}; \text{Para sobrecargas} > 350 \frac{Kg}{m^2}$$

Al reemplazar la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$e_{losa} = 0.17 \text{ m} \approx 0.20 \text{ m}$$

El espesor elegido para la losa es de 0.20 m, este aumento permite el descarte del cálculo de deflexiones producto de la acción de las cargas gravitatorias.

- Losa Maciza de 02 Direcciones: En la siguiente figura, puede observarse que los requisitos para proceder al pre-dimensionamiento son parecidos a la Figura 30. A diferencia de ese tipo de losa, aquí se respeta el resultado del pre-dimensionamiento, sin necesitar la búsqueda de espesores comerciales en base al ladrillo, no obstante, el espeso mínimo recomendable es de 0.10 m, debido a las instalaciones de tuberías sanitarias.

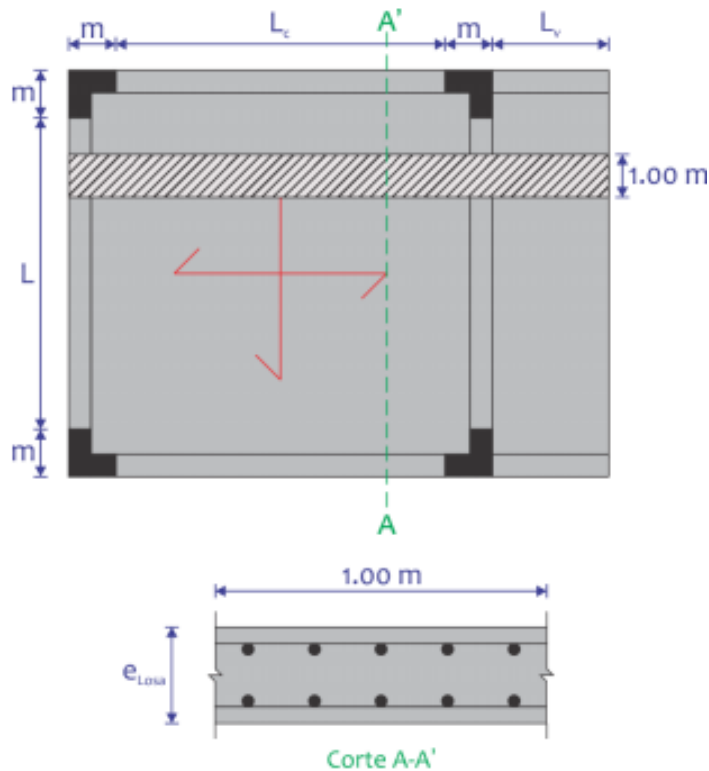


Figura 31. Losa Maciza Armada en 2 direcciones.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

1. Primera condición:

$$e_{losa} = \frac{\text{perimetro}}{180}$$

2. Segunda condición:

$$e_{losa} = \frac{l_n}{40}$$

Para el espesor de este tipo de losa se consigue una dimensión de 0.10 metros, no obstante, por razones procesales se propone emplear un espesor de losa maciza parecido al espesor de la losa de 0.20 metros.

➤ **Columnas de concreto armado**

De acuerdo a Morales (33), los sismos constantes sucedidos en Japón, conllevaron a realizar ensayos, que originaron la siguiente expresión para un adecuado pre-dimensionamiento:

$$n = \frac{P}{f'c b D}$$

$n > \frac{1}{3} \rightarrow$ Falla Frágil por el aplastamiento de cargas axiales.

$$n < \frac{1}{3} \rightarrow$$
 Falla Ductil.

Fórmula para un pre-dimensionamiento de columnas:

$$b D = \frac{P}{n f'c}$$

Donde:

- D: Dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna
- B: Dimensión de la Sección de la Columna
- P: el total de la carga soportada por la Columna
- n: la cantidad tiende a depender de la tipología de Columna
- $f'c$: Resistencia del hormigón a una compresión

➤ **Escaleras**

En la *Figura 32*, se aprecia un modelo del paso y contrapaso usado para una escalera común.

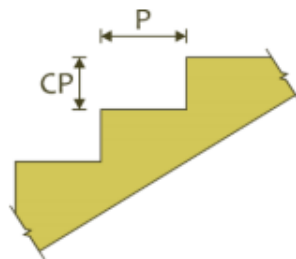


Figura 32. Contra-paso y paso.

Nota. Tomado de “Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporricado y albañilería confinada”, Ladera, 2019, UC, Huancayo.

$$60 \text{ cm} \leq 2C + P \leq 64 \text{ cm}$$

$$P \geq 25 \text{ cm (Mínimo)}$$

Para que se establezcan las dimensiones del paso y contrapaso, se determinarán los puntos necesarios determinados por la NTEA. 0.10, el ancho mínimo se hallará considerando a esta norma, luego, se realizará el pre-dimensionamiento de los escalones.

G. Metrado

Una de las actividades principales que anteceden a un presupuesto es el cálculo de materiales. Para realizar este cálculo, previamente es necesario conocer las características, unidades de comercialización, factores de desperdicio, medios, procesos constructivos, entre otros referentes al proyecto a ejecutar. En este contexto, realizar el cálculo correcto de materiales según las dimensiones es crucial a fin de tener un adecuado presupuesto; para ello, el metrado es un concepto clave en la construcción de una obra. De acuerdo a la Ley de Contrataciones del Estado, es la cuantificación de la cantidad de obras a realizar. En otras palabras, el metrado, es definido como el proceso que mide volúmenes, áreas, longitudes de las partidas; es decir, de las estructuras que estructuran a un proyecto. Es decir, cuantifica las partidas de la obra que se está realizando.

Es conocido como un conjunto ordenado de los datos conseguidos a través de las lecturas acotadas, exceptuando a las lecturas escaladas. Este es empleado para realizar el cálculo del número de obra que se hará y cuando se multiplica con el costo unitario y luego es sumado, el producto de estas operaciones es el costo directo. El metrado a través de las fórmulas matemáticas representa un

cierto tipo de arte obteniéndose una cantidad cercana a la realidad de datos logrados mediante las lecturas brindadas sobre áreas, distancias, etc. de una obra.. Como cualquier dato proporcionado, la medición es una de las tareas más difíciles en cualquier obra de construcción. No solo en la estructura, sino también en cualquier manifestación de la vida, son escasas las precauciones tomadas para obtener resultados satisfactorios, por eso se recomienda en este libro dar una serie de medidas básicas sobre cómo medir y recolectar.

➤ **Finalidad del metrado**

- Determinar el precio parcial y total de la obra.
- Establecer el número de insumos requeridos para ser ejecutado.

➤ **Pasos de un buen metrado**

- Analizar e investigar los planos de manera detallada.
- Completar todo lo que falta a través de la deducción.
- Comparar los componentes mediante sus formas, dimensiones o armaduras contenidas.
- Establecer las dimensiones que tienen el componente metrado empleando los respectivos planos.
- Previo a los cálculos debe de reconocerse las formas del elemento, buscando aplicar la fórmula adecuada.
- Emplear el metrado usando los cuadros elaborados para cada objetivo.
- Previo al comienzo del metrado debe confeccionarse una relación entre las diferentes partidas constructivas, esta debe tener una secuencia lógica del proceso que la obra sigue (37).

➤ **Normas para efectuar metrados**

- Revisar los planos, de acuerdo a las recomendaciones podrá establecerse las normas de los diferentes componentes constructivos.
- De los planos de la planta se conseguirán:
 - Ubicarse las placas, columnas, muros, vigas, entre otros.
 - Ancho y longitud de los muros y su respectiva distribución.
 - Ubicarse adecuadamente las placas y columnas.
 - Alfeizer, altura y ancho de los vanos siendo distribuidos adecuadamente.

- Las cimentaciones corridas y los largos y anchos de zapatas bien colocadas.
- Se logrará los planos de corte a lo siguiente:
 - Se verá la cimentación y la altura de corridad y zapatas.
 - Los cortes respectivos de las placas y columnas.
 - Altura de muros (cortes).
- Si no hay medidas de componentes constructivos, deben ser deducidas a través de operaciones básicas entre lo existente, si es necesario emplee el escalímetro.
- Para medir las escaleras, ascensores, cisternas, o cualquier estructura necesaria, deben emplearse los planos determinados.
- Luego de establecer la altura de placas y columnas en su relación con las vigas, incluyéndose que al peralte de la viga.
- Al determinar la extensión de la viga no debe abarcar la longitud de la columna, cuando es apoyada en la viga la longitud abarca el espesor del muro.
- Cuando se determine la viga debe considerar no incluir la longitud de la columna; al ser apoyado en la viga de los muros de la longitud abarca el espesor.
- Al determinar la altura de muros y ver si por la viga pasa para que de este modo pueda descontarse el peralte de esta.
- Luego de medir las losas debe considerarse con sumo cuidado el no incluir concreto en las vigas correspondientes.
- Respecto a las estructuras del concreto armado, este debe de ser realizado en tres fases: número de concreto (m³), el hacer (kg) y área de encofrado (m²).
- En elementos donde se de un cruce deben de cuidarse el metrado doble.
- Luego de metrar el acero debe tomarse en cuenta el anclado.
- Para medir la plantilla será calculado efectivamente, siendo la misma forma efectiva obtenida a través de la medición superficial del molde y el concreto, exceptuando al oso aligerado, en dicho caso será medido el área de la losa, abarcando a la superficie de ladrillos (37).

➤ **Normativa**

- Norma técnica 2011: Metrado de las obras y habilitación del área urbano.
- Regla de metrado de construcciones de edificación (D.S. N° 013-79-VC, de fecha 1979-04-26)
- Reglamento de Metrados para Habilitaciones Urbanas (D.S. N° 028-79-VC, de fecha 1979-09-27)
- Reglamento de Metrados y Presupuestos. Infraestructura Sanitaria para Poblaciones Urbanas (D.S. N° 09-94 TCC, de fecha 1994-04-28)

H. Concreto postensado

La experiencia en concretos postensados indica que entre unas de las ventajas es la reducción de costos. En diferentes lugares a nivel mundial la tecnología del postensado fue imponiéndose en las obras de construcción. Ciertos motivos de orden arquitectónico y de libertad en el diseño, aportó en su uso. Otro de los motivos fue la economía, este impulsó más su empleo por el personal de construcción. De acuerdo a las especificaciones que se den en las estructuras, suele ser rentable el empleo del postensado (39). Como se esperó, este tipo de estructuras de manera integral, se deriva de un estudio global de los costos que tiene en relación a los acabados, siendo una de las dificultades de su expansión. Es necesario resaltar que menos excavaciones para los sótanos, menos vigas de amarre, un tipo de pilotaje menos liviano, un área menor de componentes de cierre en hachadas y otros ahorros que se relacionan a este, brindan ventajas amplias al empleo del sistema y estos no son considerados al analizarse económicamente. A esto se le incluye la tendencia inercial a hacerse más conocido.

➤ **Diferencias entre el postensado y la estructura tradicional**

En el postensado se tiene:

- Se emplean menos materiales como refuerzos, concretos y mallas.
- Una altura mayor de la infraestructura, redundando en el costo de los materiales verticales portantes.
- Una significativa disminución de la cantidad de acero de refuerzo.
- Se redefinen los sistemas sismoresistentes y portantes, reduciéndose el volumen presentado en el hormigón y acero de refuerzo es reducido también

- El tiempo de construcción se ve reducido en 24 días hábiles, para edificar 5 pisos. Repercutiendo en los costos indirectos en relación a la obra de construcción.
- Son eliminados los casetones y la torta inferior, fundiendo más ágilmente y lográndose controlar adecuadamente.

Respecto a los costos, en los diferentes mercados, se puede ahorrar hasta un 17% del precio de la construcción, de los ahorros, así como del valor de los acabados en relación a las variaciones en la obra y a los costos indirectos, los cuales se derivan de un periodo mejor y presupuesto de la obra (40).

Entre otras experiencias se identificaron varios beneficios adicionales del postensado, las que destacaron fueron la disminución significativa en el número de acero; un control mejor de grietas, cimbras y deflexiones; se integra de mejor manera a la estructura por el seguimiento de los tendones; un diseño flexible, con secciones menores de losas y vigas; las columnas pueden estructurar libremente, espacios diáfanos; y la disminución total de la masa, ventajoso para áreas sísmicas. Resalta también que el espesor de las losas postensadas se reduce a un 70% a diferencia de las estructuras convencionales, reduciendo su peso hasta en un 30%; implicando una excavación menor, con cimientos menores y luces mayores. Para finalizar, indicó el buen comportamiento frente a sismos y constituyéndolo como una obra eficiente, con un periodo menor de encofrados. No obstante, cuenta con ciertas desventajas, como la realización de un cálculo más difícil y que necesita un detallado mayor, al igual que la mano de obra y técnicos especializados. Resaltando que los elementos deben tener buena calidad, siendo un factor fundamental (41).

2.2.3. Normas técnicas para concreto presforzado

Las especificaciones de las normas técnicas para el concreto presforzado, se establecen en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060 Concreto Armado, determinado en el D.S. N°010-2009-VIVIENDA, elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), de acuerdo a la Ley N°27972. A continuación, se presentan las especificaciones resaltantes de la norma que se aplicarán en el estudio.

A. Generalidades

- En el diseño de pretensado, a partir de la primera aplicación de pretensado, se deben considerar la resistencia y el rendimiento en todas las etapas de carga durante la vida útil de la estructura (42).
- Deben tomarse en cuenta los niveles de concentración de esfuerzos debidas al preesforzado.
- Para el diseño, se deben tomar medidas para hacer frente a la influencia del pretensado de estructuras adyacentes provocada por deformaciones plásticas y elásticas, cambio de longitud y rotación. Debe tomarse en cuenta los efectos debidos a los cambios de temperatura y la contracción.

B. Suposiciones o supuestos del diseño

- El diseño de resistencia de miembros pretensados bajo cargas axiales y de flexión se basan en los supuestos de diseño. Asimismo, solo debe aplicarse a los refuerzos corrugados que cumplan con las especificaciones.
- Los componentes preesforzados que se someten a flexión deben de ser clasificados como Clase T o U, en base al esfuerzo el extremo de la fibra en tracción en el área previamente comprimida en la tracción f_t , calculado así:

- Clase T:

$$0.62\sqrt{f'c} < 1.0\sqrt{fk}$$

- Clase U

$$f_t \leq 0.62\sqrt{f'c}$$

Los sistemas de las losas con presfuerzo en dos direcciones se deben diseñar como la clase U

$$f_t \leq 0.50\sqrt{f'c}$$

C. Esfuerzos admisibles en el acero empleado en el presforzado

- En el acero los esfuerzos de tracción no tiene que sobrepasar los siguientes puntos:
- Si se debe a la gata el 0.94 de preesforzado; sin embargo, que se encuentre entre el 0.80 y la variable máxima que se recomienda por el fabricante del acero o de los equipos usados para realizar el anclado.

- Después de transferir el preesforzado $0.82f_{py}$ sin superar al $0.74f_{pu}$
- Tendones para el postensado, en acoples y anclajes, luego de transferir $0.70f_{pu}$.

D. Resistencia a flexión

- La resistencia para los componentes que se someten a flexión deben de ser calculados con la metodología de diseño por resistencia la Normativa. Respecto al acero, f_{ps} tiene que tomar el lugar de f_y en los cálculos de resistencia.
- Una mejor determinación de f_{ps} se fundamenta en la compatibilidad de deformación, los siguientes valores se pueden emplear para los aproximados de f_{ps} , siempre que f_{se} no resulte menor que $0.5 f_{pu}$.
 - Es recomendable que para los elementos con tendones que se adhieren emplear la siguiente fórmula:

$$f_{ps} = f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right] \right)$$

Donde:

$\rho = \rho_p$ Aps bd

$\omega = \rho f_y f'_c$

$\omega' = \rho' f_y f'_c$

γ_p es 0,55

f_{py} f_{pu} entre 0,80 y 0,85; 0,40 para f_{py}

- Cuando se considera todo refuerzo comprensivo al calcular los f_{ps} mediante la ecuación siguiente:

$$\left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f'_c} + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') \right]$$

- No debe de resultar menor a 0.17 y d no debe de resultar mayor a $0.15 d_p$.
- Para los componentes que tienen tendones sin adherencia y relacionándose con la luz peralte llegando a 35 o menos se emplea la siguiente fórmula:

$$f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100\rho_p}$$

- No obstante, en la anterior ecuación el f_{py} no debe de ser mayor ni que $(f_{se} + 210)$.

E. Refuerzo mínimo adherido

- En todos los componentes que se someten a flexión con tendones que no se adhieren, deben de brindarse un mínimo campo de refuerzo adherido.
- Excepto el área mínima del refuerzo que se adhiere el cual debe ser calculado a través de la siguiente ecuación

$$A_s = 0,004 Act$$

- Donde Act tiene referencia al área de la sección transversal proporcional entre el borde de la tensión de flexión y el centro de gravedad del área total..
- Es adherido al refuerzo en la anterior ecuación donde debe de distribuirse de forma homogénea sobre el área de tracción pre comprimido y tan cerca como necesite la fibra del extremo en tracción.
- El esfuerzo que se adhiere necesita de las condiciones y la distribución del refuerzo que se adhiere.

F. Sistema de losas

Las cortantes y momentos ampliados en las losas con preesfuerzo, con el refuerzo en varios puntos, se pueden determinar a través del Método del Pórtico Equivalente o por procesos elaborados de diseños.

G. Zona de anclaje de tendones postensados

Deben de tomarse en cuenta el área de anclaje compuesto de dos áreas: El área general, es el espacio para anclar definido en anteriores secciones abarcando el área total. El área local se basa en el prisma rectangular que circunda el equipo de anclado y al refuerzo para confinar.

2.2.4. Norma técnica de diseño sismorresistente

A. Categoría de edificaciones y factor de uso (U)

Toda estructura tiene categorías. El factor de uso (U), se define en la siguiente tabla, para las estructuras con aislamiento sísmico puede tomarse en cuenta en base a $U=1$.

Tabla 1
Edificaciones comunes

Edificaciones comunes	Estructuras básicas como: hoteles, viviendas, oficinas, almacenes, restaurantes, instalaciones industriales cuyo error no genere incendios o fugas peligrosas.	Factor U 1,0
--------------------------	---	-----------------

Nota. Adaptado de “Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”, MVCS, 2018, Lima.

B. Estructuras de concreto armado

Todo componente de concreto que forma al sistema resistente a sismos tienden a cumplir con la normativa.

- Pórticos: El 80% por lo menos de la fuerza cortante en su base actúan en cada columna de los pórticos. Al contarse con muros, ellos se diseñan para la resistencia a sismos en base a la rigidez.
- Muros estructurales: La resistencia sísmica se da por los muros de la estructura donde actúan 70% de su fuerza cortante en su principal base.
- Dual: Los actos sísmicos se resiste al combinarse pórticos y muros de la estructura. La fuerza de corte de cada muro pasa al 20% pero no pasa del 70% del cortante en los cimientos de la edificación.
- Construcciones de muros de una limitada ductibilidad: Estas son caracterizadas por contar con un sistema de estructuras donde el sismo y sus cargas gravitatorias se dan por los muros de hormigón armado de espesores disminuidos, precindiendo de los confinados extremos y las columnas verticales estructuradas por una capa. Al construirse con este sistema se llega hasta los ocho niveles.

C. Coeficientes básicos de reducción para fuerzas sísmicas (R_0) en sistemas estructurales.

Al contarse con el análisis y la dirección, el sistema presente tiene un coeficiente menor R_0 respectivo.

Tabla 2

Coeficientes del concreto armado

Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción R_s
Concreto armado	7
Dual	7

Pórticos	8
Muros de ductilidad limitada	4
De muros estructurales	6

Nota. Adaptado de “Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”, MVCS, 2018, Lima.

D. Factores de irregularidad (I_α, I_p)

El factor I_α es determinado como el menor de las variables que corresponde a las deficiencias de la estructurales en altura en ambas direcciones de estudio.

El factor I_p se encuentra establecido como el menor de las variables que corresponden a las deficiencias estructurales que hay en la planta de ambas direcciones de estudio.

Si se llegaran a obtener diferentes valores de los factores mencionados anteriormente, para las dos direcciones de estudio, es tomado el menor valor para cada uno de los factores obtenidos.

Tabla 3
Irregularidades estructurales en altura

Irregularidades estructurales en altura	Factor de irregularidad I_α
Irregularidad de rigidez- piso blando	0.75
Irregularidades de resistencia - piso débil	
Falta de regularidad extrema de rigidez	0.50
Irregularidad extrema de Resistencia	
Falta de regularida en el peso y masa	
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes	0.60
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.80
Irregularidad geométrica vertical	0.90

Nota. Adaptado de “Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”, MVCS, 2018, Lima.

Tabla 4
Irregularidades estructurales en planta

Irregularidades estructurales en planta	Factor de irregularidad
---	-------------------------------

	I_p
Irregularidad torsional	0.75
Irregularidad torsional extrema	0.60
Esquinas entrants	0.90
Discontinuidad del diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.90

Nota. Adaptado de “Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”, MVCS, 2018, Lima.

E. Reducción de las fuerzas sísmicas, R

Los coeficientes sísmicos se determinan como el resultado de $R\theta$ y los factores $I\theta, I_p$.

$$R = R\theta * I\theta * I_p$$

F. Análisis sísmico

- Análisis estático o de fuerzas equivalentes.
- Análisis dinámico de espectro.

G. Análisis estático

La metodología es representativa de las solicitudes del sismo mediante un conjunto de fuerzas que tienden a actuar en el medio de masas de cada nivel (43 pág. 21).

Todas las estructuras irregulares o regulares se pueden analizar a través de este procedimiento, en primer lugar, en otras áreas sísmicas se puede usar estos pasos para las estructuras que se clasifican como regulares, no deben tener más de 30 metros, y para las estructuras portales de concreto como máximo debe ser más de 15 metros, pese a ser irregulares.

• Fuerza cortante en base

El total de la estructura, abarca a la dirección considerada, la cual es determinada por la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

La variable CIR no debe ser menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

• Distribución de la fuerza

En todo nivel sísmico horizontal en todos los niveles, abarca a la dirección mediante

$$F_i = \alpha * V$$
$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_i(h_i)^k}$$

“n” es la cantidad de pisos de una estructura, k es el exponente que se relaciona con un periodo de vibración básico (T), en la dirección que se toma en cuenta, el cálculo se da de la siguiente manera:

- Para T menor o igual a los 0.5 segundos: k=1.0
- Para T con un valor mayor a 0.5 segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2$.

- **Periodo de vibración fundamental**

Mediante la siguiente expresión se estima la vibración para cada dirección:

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

Donde:

$C_T=35$ Este valor es para las edificaciones con elementos resistentes en la dirección que solo sean:

- Pórticos de acero que tienen uniones resistentes, no cuentan con arriostramiento.
- Pórticos de concreto sin muros cortantes.

$C_T=45$ Este valor es para las edificaciones resistentes la dirección tomada sean:

- Pórticos de hormigón armado con estructuras en los ascensores y escaleras.
- Pórticos de material de acero arriostrado.

- **Excentricidad accidental**

Esto es para edificaciones con diafragmas con un nivel adecuado de rigidez, suponiendo que la fuerza en cada piso tiende a actuar en el centro de las masas de ese nivel y se toma en cuenta la excentricidad de la

estructura en sí, el efecto de excentricidades por accidente, como es identificado en el siguiente punto:

- En el centro de cada piso, aparte de la fuerza lateral que actúa, es aplicado el torsor accidental, calculado como:

$$M_{ti} = \pm F_i * e_i$$

- En cada nivel la excentricidad es tomada como 0.05 veces la edificación orientada perpendicularmente a la orientación analizada.

H. Análisis dinámico

- **Aceleración espectral**

Para la orientación horizontal que se analiza es usado una inelasticidad de pseudo – aceleración el cual se ve en:

$$S_{\alpha} = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Para analizar la orientación vertical siendo usado un espectro con elementos parecidos al tercio del espectro empleado para las orientaciones horizontales, tomando en cuenta las variables de C, exceptuando para el área de periodos cortos ($T < 0.2 T_p$), donde se toma en cuenta:

$$T < 0.2 T_p \qquad C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

- **Fuerza cortante mínima**

Para cada dirección analizada, la fuerza cortante en el entrepiso de la estructura no debe de ser menor que el 80% de la variable que se calculó, ni menor al 90% para las estructuras no regulares.

Si se requiere aumentar el cortante para que se cumplan los mínimos mencionados, se escala de forma proporcional los demás resultados, a excepción del desplazamiento

I. Resistencia, rigidez y ductilidad

- **Desplazamiento de laterales**

Para las construcciones regulares, los movimientos de lateral son calculados multiplicándose por 0.75 R, los resultados obtenidos del análisis elástico y lineal al reducir los movimientos sísmicos. Sobre las

construcciones por 0.85 R, dichos resultados logrados en el análisis elástico lineal.

Para que se calculen estos desplazamientos no son tomados en cuenta las variables mínimas de CIR, mucho menos el cortante mínimo en la base.

- **Laterales admisibles relativos**

El valor mayor del movimiento del entrepiso identificado, no debe superar la fracción de la altura de distorsión visto en la tabla siguiente:

Tabla 5

Límites para la distorsión del entrepiso

Material que predomina	Valor
Concreto Armado	0.007
Edificaciones con homigón armado con muros ductiles limitados	0,005

Nota. Adaptado de “Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente”, MVCS, 2018, Lima.

- **Separación entre edificios**

Debe de separarse toda estructura de las cercanas, desde el nivel terrenal, debe de contarse con mínimas distancias para evitar contactarse en algún sismo.

La distancia debe de ser mayor a los 2/3 del total de desplazamientos máximos de las edificaciones cercanas y menor a:

$$s = 0.006 h \geq 0.03 m$$

La variable h es la altura tomada desde el terreno natural hasta el rango considerado para la evaluación.

Si no se cuenta con una junta sísmica por reglamento, la estructura debe de ser separada de la estructura que ya existe, el valor de s/2 el cual corresponde más el valor s/2 de la estructura aledaña.

- **Redundancia**

Si un solo componente del edificio, pórtico o muro, actúa un 30% de fuerza o más de la totalidad de la fuerza cortante horizontal en todos los pisos, este elemento está diseñado para el 125% de la fuerza mencionada

2.3. Definición de términos

- a. **Sistemas aporricados.** Este es un método cuya estructura se basa en un pórtico que forma un marco de un conjunto de vigas y pilares rígidamente conectados por nudos. Ésta es la característica de este método, y el tramo entre pilares y vigas es de mampostería o algún tipo de estructura de sobre un equivalente cerramiento (7).
- b. **Concreto presforzado.** El hormigón pretensado se diseña en base a la generación deliberada de tensión constante en los componentes estructurales para mejorar su rendimiento y resistencia. Los componentes utilizados van desde las vigas de las habitaciones hasta las grandes vigas de puentes, y tienen aplicaciones muy diferentes, como traviesas de ferrocarril, tanques de almacenamiento y reparación de estructuras dañadas por terremotos (22).
- c. **Concreto pretensado.** El "pretensado" es usado para la descripción de la metodología de pretensado en el que se tensa el refuerzo activo del componente antes de verterlo en el hormigón.
- d. **Concreto postensado.** Este tipo de concreto se diferencia del anterior debido al retraso de la aplicación de la tensión a los tendones en su ejecución. El postensado implica tensar los haces de barras de refuerzo y anclarlos al final de la unidad después de que el hormigón se haya solidificado y haya ganado suficiente resistencia.
- e. **Vigas.** Los elementos de construcción estructural lineal que juegan un papel importante en el pandeo se denominan vigas. Esta longitud domina las otras dos dimensiones.
- f. **Columnas.** Según Londoño, los cilindros son elementos verticales que se encargan de recibir las cargas que les transmiten las vigas y luego transmitir las a la cimentación de la estructura.
- g. **Cimentación.** La cimentación es parte de la estructura, lo que permite que la carga se transmita al suelo. Por lo tanto, es el vínculo entre la superestructura y el suelo

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El uso del concreto postensado permite aumenta su capacidad resistente, y reduce las deformaciones en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Los resultados de la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad del concreto posensado con llevan a un uso de materiales más eficientemente que permite el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, Huancayo 2020.
- b) El análisis sísmico del concreto postensado permite mejorar su resistencia en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, Huancayo 2020.
- c) Los costos del concreto postensado son relativamente más bajos en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

➤ **Variable independiente: Concreto postensado (X)**

El hormigón postensado que después del vertido y solidificación resisten la fuerza de compresión a través del material de refuerzo activo (cable de acero) instalado en la vaina. A diferencia del hormigón pretensado, en el hormigón pretensado, las barras de acero se tensan antes del vertido del hormigón, y en el postesado, una vez que el hormigón adquiere su resistencia característica, las barras de acero se tensorán.

➤ **Variable independiente: Estructura aporticada (Y)**

Son estructuras de concreto armado con la misma dosificación columnas - vigas peraltadas, o chatas unidas en zonas de confinamiento donde forman Angulo de 90° en el fondo parte superior y lados laterales, es el sistema de los edificios porticados.

2.5.2. Definición operacional de las variables

➤ **Concreto postensado (X)**

Es este tipo de hormigón el que tiene que soportar la tensión después del vertido y solidificación, el propósito es mejorar la resistencia, rigidez y

ductilidad, a través del comportamiento en condiciones de servicio, el diseño sísmico y su respectivo análisis.

➤ **Variable independiente: Estructura aporticada (Y)**

Se trata de una estructura de concreto que se compone de vigas sísmicas, vigas no sísmicas, columnas y escaleras.

2.5.3. Operacionalización de las variables

En la *Tabla 6* se muestra la operacionalización de las variables.

Tabla 6
Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Concreto postensado	Independiente	Comportamiento en condiciones de servicio	Resistencia a flexión
			Refuerzo mínimo adherido
			Resistencia nominal de materiales
		Resistencia, rigidez, ductilidad	Desplazamiento de laterales
			Laterales admisibles relativos
		Diseño sísmico	Estructura de concreto armado
			Coefficiente de reducción
			Factores de irregularidad
			Reducción de fuerzas sísmicas
		Análisis sísmico	Análisis estático
Análisis dinámico			
Estructura aporticada	Dependiente	Vigas sísmicas	Peralte
			Base
		Vigas no sísmicas	Metrado de cargas
			Diafragma de fuerza cortante
			Ancho
		Columnas	Pre-dimensionamiento
			Carga viva
			Carga muerta
		Escaleras	Paso y contra paso

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método a emplear fue el científico, debido que para el desarrollo se sigue una serie de pasos ordenados con la finalidad de generar conocimiento. El método científico fue de utilidad por las bondades que ofrece el concreto postensado en sistemas aporticados para lo cual requerirá hacer uso de pasos estructurados y lógicamente coherentes.

3.2. Tipo de investigación

Según la naturaleza del estudio, este fue aplicada, este tipo usa las bases teóricas para aplicarlas y dar una solución a problemas prácticos. Por consiguiente, de acuerdo con el objetivo de la investigación, se aplicó la teoría referente al diseño de sistemas aporticados y el diseño de concreto postensado en su uso.

3.3. Nivel de investigación

El nivel fue el descriptivo - explicativo, ya que se describió el diseño del sistema estructural aporticado, y se buscaron relaciones entre el empleo del concreto presforzado en su tipo postensado y sus efectos en el sistema aporticado estudiado.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño a escogerse fue el cuasi experimental, en este tipo de experimento se manipularon las variables, en este caso el concreto postensado, con la ayuda de dos grupos de estudio. Un grupo experimental (GE) (con concreto postensado) y un grupo de control (GC) (con concreto estructural simple). Al GE se le aplicó el estímulo (postensado); de tal modo, que sirvió como patrón comparativo. El objetivo de este tipo de experimento fue conformar y asegurar que las relaciones entre ambas

variables la dependiente e independiente se establezcan de la manera más transparente posible sin interferencias de variables no controladas.

$O_e \rightarrow X \rightarrow M_1$: Para GE

$O_c \rightarrow M_2$: Para GC

Donde:

- O_e : Observación del GE.
- X: Sistema de estructura aporticadas.
- M_1 : Muestra del GE, con concreto postensado.
- O_c : Observación del GC.
- M_2 : Muestra del GC, con concreto estructural simple.

3.5. Población y muestra

La población estuvo conformada por los diseño de la estructura aporticadas con concreto estructural simple y con concreto postensado. Asimismo, la muestra está conformada por el diseño de la primera planta de la estructura aporticada.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas a emplearse fueron las siguientes:

- Análisis documental
- Observación experimental

El uso de estas técnicas buscó representar lo que pueda pasar en la realidad haciendo uso de la teoría, técnicas y conocimientos, a fin de obtener datos esperados, y con la posibilidad de manipular las variables.

3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos empleados fueron videos de modelamiento en el programa SAP 2000, libros, boletines, revistas, folletos y artículos.

3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información se utilizó software de diseño estructural para ingeniería, como el programa SAP 2000 y CAD.

3.8. Técnicas y análisis de datos

El análisis de datos se realizó con el apoyo de la estadística inferencial a fin de comparar las características del concreto estructural simple y el concreto postensado. La data se analizó para determinar la significancia del uso del concreto postensado en el diseño de estructuras aporticadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Concreto postensado

4.1.1. Diseño de concreto armado postensado

Todos los elementos de hormigón armado se diseñan utilizando el método de "diseño por resistencia", que incluye aplicar el factor de aumento a la carga de servicio y aplicar el factor de reducción de la resistencia nominal. La amplificación de cargas se determinaron en el art. 10.2 de la norma E.060.

Las expresiones básicas para el Diseño por Resistencia son:

- Para flexión: $\phi M_n \geq M_u$

Dónde:

- M_n , es la resistencia nominal a la flexión de la sección.
- M_u , es la resistencia requerida por flexión de la sección.

- Para corte: $\phi V_n \geq V_u$

Donde:

- V_n es la resistencia nominal por corte de la sección.
- V_u es la resistencia requerida por corte de la sección.

Este método aprovecha los factores que reducen la resistencia, que afectarán la resistencia nominal de cada parte, y tiene en cuenta ciertos aspectos, como la variabilidad de la resistencia del material, la importancia de los elementos en la estructura y las consecuencias de falla por falla idéntico.

En la Norma Peruana se establece los siguientes factores de reducción de acuerdo a las diferentes sollicitaciones:

- Para flexión $\phi = 0.90$
- Para flexión con carga axial de tracción $\phi = 0.90$
- Para corte con o sin torsión $\phi = 0.85$
- Para compresión y flexo compresión en elementos con estribos $\phi = 0.70$

En el diseño de resistencia, la carga de servicio ha alcanzado el límite o la condición extrema. Para ello se utiliza un factor de carga o factor de amplificación, que depende de la precisión con la que se pueda calcular la influencia de la carga. Por tanto, el error de estimación de la carga estática es menor que el de la carga viva, y la carga terremoto es el más difícil de cuantificar.

Según la Norma Peruana la resistencia requerida (U) para cargas muertas (CM), cargas vivas (CV) y cargas de sismo (CS) Está representado por la carga ampliada a continuación. Según el tipo de carga aplicada, existen 5 combinaciones adecuadas para este diseño: Carga Viva (CV), Carga Muerta (CM) y Carga de Sismo (CS).

- $U = 1.5CM + 1.8CV$
- $U = 1.25CM + 1.25CV \pm CS$ $U = 0.9CM \pm CS$
- $U = 0.9CM \pm CS$
- Son 5 combinaciones se aplicará el más crítico (Envolvente).

4.1.2. El proyecto

A. Análisis estructural

Para resolver el sistema estructural estáticamente indeterminado, considerando la facilidad de desarrollo del método seleccionado y el método de sistematización mediante computadora, se han desarrollado métodos no tradicionales, en este caso el método de rigidez y el método de elementos finitos se utilizará. Usando (tablero y pared), el método consiste en seguir un procedimiento organizado para resolver estructuras deterministas e inciertas, estructuras elásticas lineales y elásticas no lineales.

Actualmente, con el desarrollo del cálculo, se desarrollaron programas informáticos basados en metodologías rígidos generales, especialmente métodos de elementos finitos, y el programa desarrollado es SAP2000.

B. Descripción del proyecto

El informe de cálculo comprende el diseño, análisis estructural y análisis sísmico de la infraestructura correspondiente al proyecto "Construcción de un edificio multifuncional de seis pisos en la ciudad de Huancayo", ubicado en el Distrito de Huancayo, Provincia Huancayo y Departamento de Junín. El presente proyecto contempla la construcción de un módulo cuenta con 6 niveles con diferentes oficinas, también cuenta con un ascensor y un tanque elevado de 8m³; además de un mezzanine en el primer piso. Estos módulos están constituidos por Pórticos, muros estructurales y las vigas con sección variable.

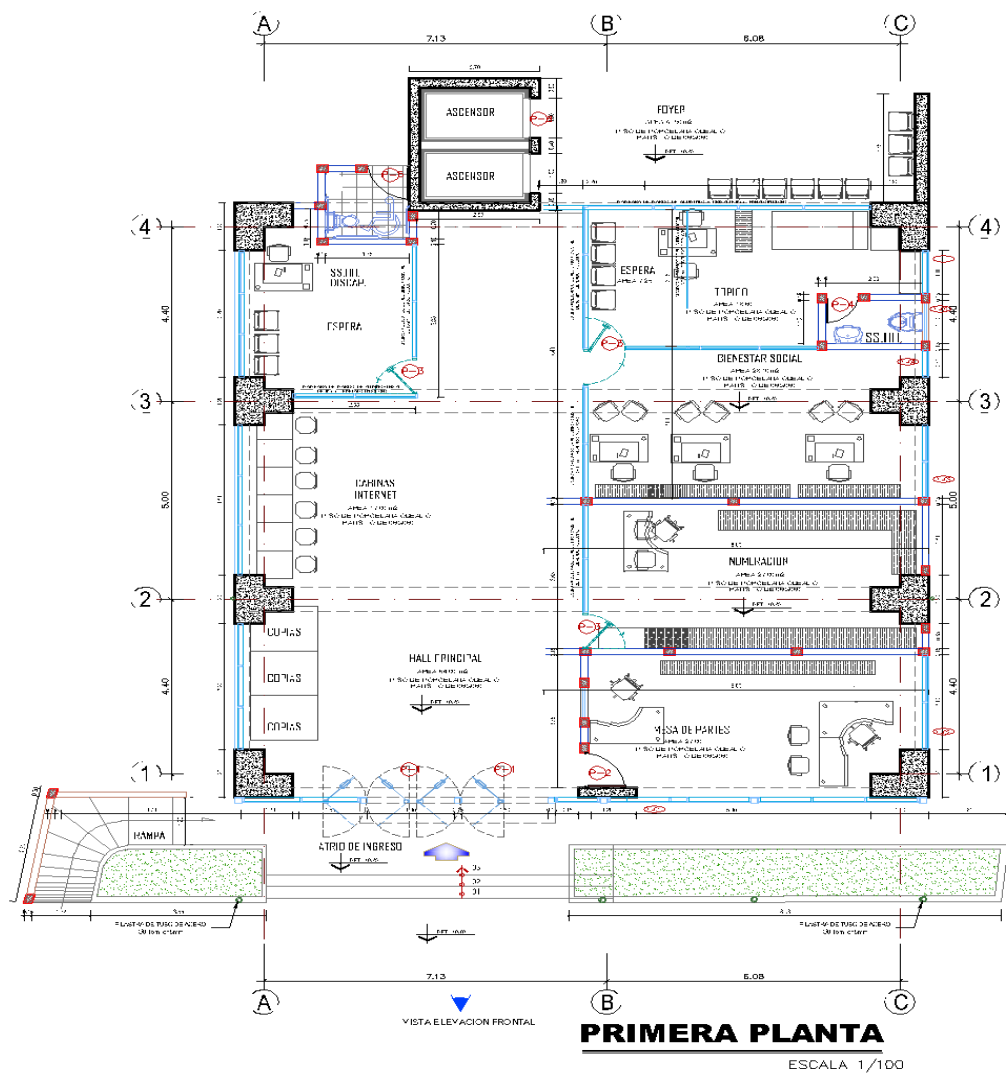


Figura 33. Planteamiento general de la estructura.

C. Análisis estructural por cargas verticales

La medición de carga se usa para la estimación de la carga aplicada sobre los diferentes elementos estructurales que constituyen un edificio. Este proceso es aproximado, porque los efectos superestáticos de los momentos flectores generalmente se ignoran, a menos que sean muy importantes. La carga estática se especifica en la parte "Carga" del código de construcción nacional estándar E-020.

A continuación, se hace una breve descripción de ambos casos.

- Análisis por cargas permanentes o muertas: Se basará en la carga que actúa permanentemente sobre la estructura bajo análisis, como el peso propio de vigas, pilares, losas, tabiques, revestimientos, cerramientos, etc. Estas cargas se distribuirán a cada elemento que conforma la estructura. El peso del material necesario para estimar la carga estática se registra en la norma de carga E.020.
- Análisis por sobre cargas o cargas vivas: El análisis se basará en la sobrecarga especificada en la normativa.

D. Análisis estructural por cargas dinámicas

De acuerdo con lo establecido en la norma de diseño de resistencia sísmica E-030, el análisis dinámico del edificio se realiza mediante el programa de superposición de espectro.

La normativa E-030 requiere el análisis de cada dirección bajo el 100% de la acción independiente del sismo, sin embargo, otras normativas consideran la posibilidad de que los sismos actúen en ambas direcciones simultáneamente: 100% en X y 30% en Y.

Un sismo puede actuar en el sentido N-S o S-N y también O-E o E-O, ya que las aceleraciones son positivas y negativas. De esta manera, para fines de diseño, tratamos la envolvente de tensión en el estado roto. En el diseño estructural, nos esforzaremos para que las posiciones de los pilares y vigas tengan la mayor rigidez para que puedan soportar la fuerza bajo la acción de un terremoto.

Para determinar las fuerzas internas de la estructura en el análisis sísmico, se utiliza el método de masa concentrada.

E. Códigos y normas

El proceso de estimación de carga y el análisis y diseño de la estructura se basan en el siguiente código.

- Códigos y Normas.
 - Norma Técnica E.020, Cargas
 - Norma Técnica E.030, Diseño Sismorresistente.
 - Norma Técnica E.050, Suelos y Cimentaciones.
 - Norma Técnica E.060, Concreto Armado.
 - Norma Técnica E.070, Albañilería.
 - Norma Técnica E.090, Estructuras metálicas.
 - Norma de Construcciones en Concreto Armado ACI 318-08.

Es comprensible que mientras los códigos sean aplicables a los materiales, cargas y procedimientos utilizados en este proyecto, todos los estándares a los que hacen referencia estos códigos son parte de ellos.

F. Propiedades de los materiales

Los siguientes materiales han sido considerados en el presente estudio:

a. Concreto

- Módulo de Poisson : $\mu = 0.20$
- Módulo de Elasticidad : $15100\text{SQR} (f'c)$
- Peso Unitario del Concreto : 2400.0 Kg/m^3 .
- Resistencia a la Compresión :
 - Vigas y columnas de Pórticos : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Vigas y columnas de Confinamientos : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Vigas postensadas : $f'c = 280.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Losas aligeradas : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Losas macizas : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.

b. Albañilería

- Resistencia Mecánica del ladrillo : $f'm = 85 \text{ kg/cm}^2$
- Peso Albañilería de unidades sólidas : $1800 \text{ Kg/m}^3 = 1800 \text{ E-06 Kg/cm}^3$.
- Peso Albañilería ladrillo hueco : $1350 \text{ Kg/m}^3 = 1350 \text{ E-06 Kg/cm}^3$.

- Masa por Unidad de Volumen se divide el peso entre 9.806 m/seg².
- Módulo de Elasticidad : $E=50 \times f'_{m} = 4250 \text{ Kg/cm}^2$.
- Módulo de Poisson cuantificado : $\nu=0.25$.

c. Acero corrugado

- Acero Corrugado ASTM 615 Grado 60 : $f_y = 4200.0 \text{ Kg/cm}^2$.
- Módulo de Elasticidad del Acero : $E = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.
- Tendón de 1” : 18400 kg/cm^2

4.1.3. Estructuración y predimensionamiento

A. Estructuración

La estructura está compuesta por elementos estructurales adecuadamente distribuidos, denominados pilares, losas, vigas, forjados, etc., de modo que formen la estructura del edificio, que resista pesos, terremotos u otras presiones. Adecuadamente y teniendo en cuenta la economía de su estructura, su estética, funcionalidad y lo más importante, la seguridad de la estructura.

Una estructura adecuada permitirá la creación de un mejor modelo a través del cual se pueda realizar un análisis estructural más preciso, y debemos tener en cuenta que para ello, la estructura debe ser lo más simple posible; de esta manera, su modelo será más fácil. y mas exacto.

a. Resistencia y ductilidad

La capacidad de resistir el esfuerzo sísmico y la carga de gravedad es proporcional. La estructura de cualquier edificio debe tener suficiente resistencia a la carga sísmica final y su propia carga permanente, y debe proporcionar resistencia a las cargas sísmicas en al menos dos direcciones ortogonales para asegurar la estabilidad de la estructura. Dado que la carga sísmica es temporal y de corta duración, la resistencia de la estructura puede ser menor que el esfuerzo sísmico máximo, pero se compensa con la suficiente ductilidad de sus elementos.. Esta ductilidad de los elementos permitirá que ciertos elementos entren en la fase plástica de su trabajo, formando así una bisagra plástica que ayuda a disipar mejor la energía sísmica.

Además, considerando que el hormigón es un material frágil, a estos elementos se les debe dar suficiente ductilidad para intentar que se

rompan dúctilmente, por ejemplo mediante flexión, y luego quebradizos, por ejemplo mediante corte.

b. Rigidez lateral

El elemento que aporta rigidez al edificio es el muro de hormigón armado (losa), por lo que el edificio tiene la densidad suficiente y tiene la misma distribución en ambos sentidos para resistir las fuerzas existentes.

c. Diafragma rígido

El tabique está compuesto por placas ligeras planas reforzadas en un sentido. Por su composición y prestaciones, el tabique asegura la formación de un tabique rígido, de modo que la estructura se idealiza como una unidad, y la fuerza horizontal aplicada se basa en lograr su rigidez lateral.

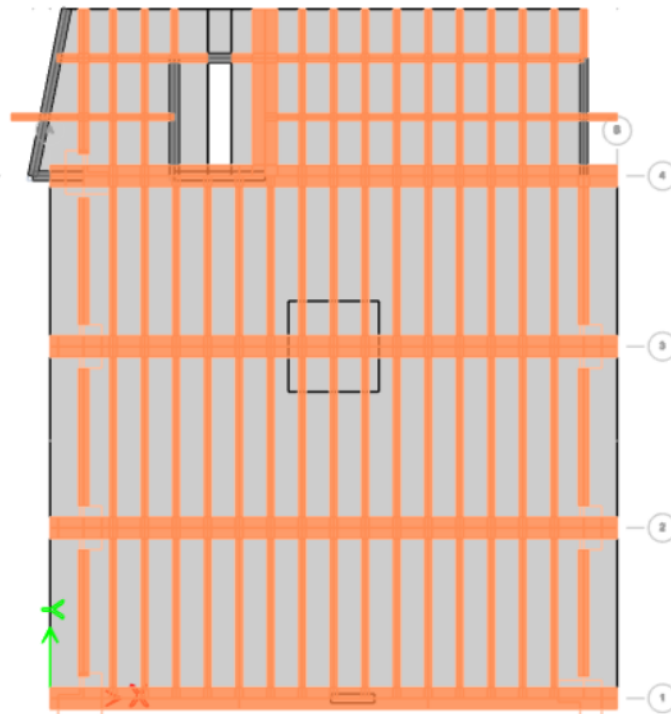


Figura 34. Tercera planta.

B. Predimensionamiento de elementos estructurales

a. Losas aligeradas

Las losas aligeradas constituyen el tabique rígido de la estructura, lo que distribuye la fuerza horizontal en el muro según su rigidez lateral, manteniendo todas las mismas deformaciones laterales a un determinado nivel.

Las placas aligeradas son en realidad nervaduras porque tienen viguetas a intervalos regulares (30 cm) y están conectadas por una placa superior resistente (espesor = 5cm).

Al determinar el espesor del atenuador, se debe considerar el tramo de haz mayor y la sobrecarga es menor a 300 kg / m². Por lo tanto, dado que el tramo de haz mayor es igual a 4.05m, el espesor considerado es 0.17 m, que incluye una losa superior de 0.05m y ladrillos de relleno de 12*30*30 cm.

De acuerdo con 10.4.1 de la norma E-0.60, si la pendiente es mayor que el vano y mayor que 25, no se verificará ninguna deflexión: $h = 0.17m \geq 4.05 / 25 = 0.16m$.

b. Vigas

Para el predimensionamiento de viga se tendrá en cuenta las siguientes formulas.

FORMULAS USADAS

$$d = L_n \sqrt{\frac{W_u B}{\alpha \phi f'_c b \omega (1 - 0.59\omega)}} \quad \frac{1}{\beta} = 1.1 \sqrt{\frac{20W_u}{\alpha \phi f'_c \omega (1 - 0.59\omega)}} \quad h = 1.1d \quad \omega = \rho \frac{f_y}{f'_c} \quad b = \frac{B}{20}$$

Tabla 7

Factores cálculo y vigas del 4to y 5to nivel

FACTORES DE CALCULO

α	16
ϕ	0.9
f c	210 Kg/cm ²
ρ	0.007
ω	0.14
f y	4200 Kg/cm ²

Wu y β POR PISO

5° NIVEL

Wu	0.15 Kg/cm²
-----------	-------------------------------

β	10.32
----------	--------------

1° AL 4° NIVEL

Wu	0.16 Kg/cm²
-----------	-------------------------------

β	10.03
----------	--------------

PARA VIGAS EXTREMAS

Altura de piso	3.50 m	
Ancho de muro	0.06 m	
muro	2.50 t/m³	
P	0.525 t/m	Peso por unidad de longitud de muro
W	0.954 t/m ²	Carga que soporta la viga por unidad de área
Bad	0.95 m	Longitud adicional para predimensionar viga extrema

VIGAS PRINCIPALES DEL 1-4° NIVEL

$$h = \frac{Ln}{\beta}$$

$$b = \frac{B}{20}$$

VIGA	LUZ LIBRE	Tipo	h(m)	h(USAR)	ANCHO TRIBUTARIO	b(m)	b(USAR)	h(USAR)	b(USAR)	RELACION ANCHO PERALTE
VI	12.40	Viga extrema	1.381	1.10	2.05	0.15	0.25	1.40	0.50	CUMPLE
VI	12.40	Viga interior	1.381	1.10	4.10	0.21	0.25	1.40	0.50	CUMPLE

Se observa que las vigas principales son de sección variable para poder obtener fines estéticos y una altura adecuada por cada piso.

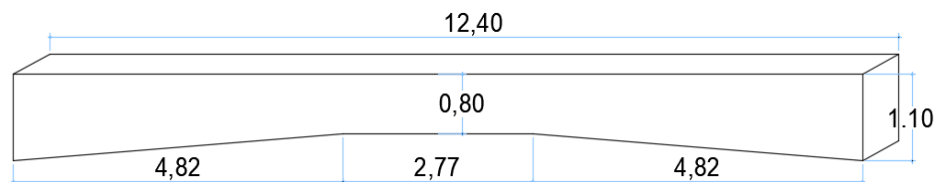


Figura 35. Viga principal

Tabla 8
Vigas secundarias

VIGAS SECUNDARIAS DEL 5° NIVEL

$$h = \frac{Ln}{\beta}$$

$$b = \frac{B}{20}$$

VIGA	LUZ LIBRE	Tipo	h(m)	h (USAR)	ANCHO TRIBUTARIO	b(m)	b (USAR)	h (USAR)	b (USAR)	RELACION ANCHO PERALTE
V1	3.80	Viga extrema	0.368	0.40	0.60	0.08	0.25	0.40	0.30	CUMPLE
V1	3.80	Viga interior	0.368	0.40	0.60	0.03	0.25	0.40	0.30	CUMPLE

VIGAS SECUNDARIAS DEL 1-4° NIVEL

$$h = \frac{Ln}{\beta}$$

$$b = \frac{B}{20}$$

VIGA	LUZ LIBRE	Tipo	h(m)	h (USAR)	ANCHO TRIBUTARIO B	b(m)	b (USAR)	h (USAR)	b (USAR)	RELACION ANCHO PERALTE
V1	3.80	Viga extrema	0.379	0.40	0.60	0.08	0.25	0.50	0.30	CUMPLE
V1	3.80	Viga interior	0.379	0.40	0.60	0.03	0.25	0.50	0.30	CUMPLE
V2	2.50	Voladizo	0.698	0.70	0.60	0.03	0.25	0.50	0.30	CUMPLE
V3	4.30	Voladizo	1.201	1.25	0.60	0.03	0.25	0.50	0.30	CUMPLE

c. Columnas

El cilindro es el elemento estructural encargado de recibir todas las cargas del plano horizontal y trasladarlo a la cimentación. Dado que nuestra estructura está diseñada en base a un sistema dual de marco y muro de corte, puede reducir significativamente el momento de flexión de la columna causado por los terremotos. Por tanto, se sigue la recomendación del libro de referencia 4, que es consistente con la norma ACI 318, que en su capítulo 12.6 señala las consideraciones y fórmulas para determinar el área mínima de la columna (A_c) en función de la ubicación. Encontraron el cilindro, ya sea en el centro, en el lateral o en las esquinas, y también sugirieron que el grosor mínimo del cilindro principal en cualquier dirección debería ser de 0,25 m.

Tabla 9

Ensayos para tipos de columna

SEGÚN ENSAYOS EXPERIMENTALES EN JAPÓN - TABLA N°

Tipo de columna	k	n
Columna interior primeros pisos	1.1	0.3
Columna interior 4 últimos pisos	1.1	0.25
Columnas extremas de pórticos interiores	1.25	0.25
Columna de esquina	1.5	0.2

f_c	2100 tn/m ²
----------------------	------------------------

Tabla 10

Números de pisos

5° PISO

NUMERO DE PISO

1

WT= W_v + W_m

WT= 3.820 t/m²

Columna	b trib (m)	D Trib (m)	Área Trib (m ²)	P (t)	Tipo	k	n	bxD (cm ²)	Sección	RAIZ (cm)	b(cm)	D(cm)	A(m ²)
C1	8	2.45	18.28	69.830	Columna de esquina	1.5	0.2	2493.9143	Rectangular	49.94	60	60	3600.00
C2	8	5	38.00	145.160	Columnas extremas de pórticos interiores	1.25	0.25	3456.1905	Rectangular	58.79	70	70	4900.00

1-4 PISO

NUMERO DE PISO

4

WT= W_v + W_m

WT= 3.870

Columna	b trib (m)	D Trib	Área Trib	P (t)	Tipo	k	n	bxD (cm ²)	Sección	RAIZ (cm)	b(cm)	D(cm)	A(m ²)
C1	8	2.45	18.28	352.804	Columna de esquina	1.5	0.2	12600.1429	Rectangular	112.25	120	120	14400.00
C2	8	5	38.00	733.400	Columnas extremas de pórticos interiores	1.25	0.25	17461.9048	Rectangular	132.14	140	140	19600.00

Para rigidizar la estructura por efectos de sismo se plantean columnas en L en las esquinas y columnas en T en los medios.

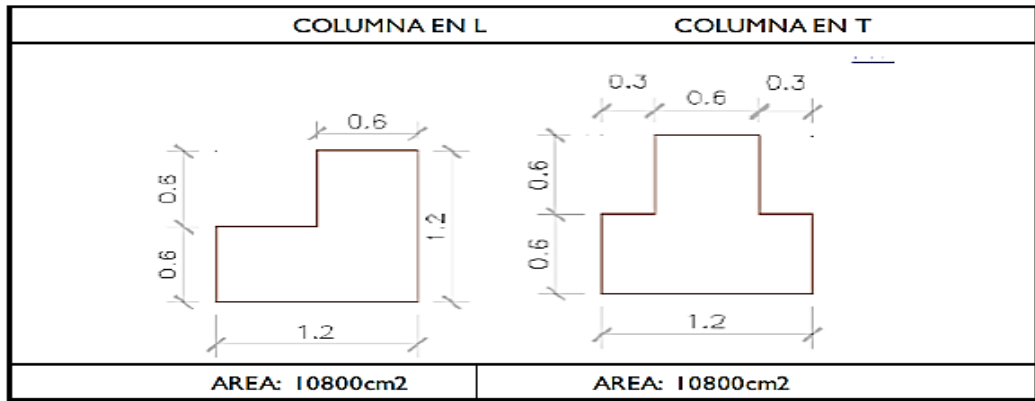


Figura 36. Columnas en L y en T.

d. Placas

La función principal de la placa es absorber las fuerzas sísmicas, controlando así el desplazamiento lateral. Para poder predeterminar el tamaño de estos elementos, debemos asumir que la fuerza cortante (V_u) absorbida por el tablero es menor al 80%, entonces el tamaño del tablero debe ser tal que la resistencia al cortante (ϕV_c) es mayor que V_u , que es el uso de E.030 Análisis sísmico aproximado realizado por el método estático recomendado por la norma para obtener el esfuerzo cortante de cimentación de la estructura.

Tabla 11

Factores de carga sísmica en el eje X

Factor de zona	Z=	2.5	Zona 2
Factor de uso	U=	1.0	Categoría C
Factor de suelo	S=	1.2	Tipo 2
Parametro T_p	T_p =	0.6	Tipo 2
Altura de la edificación	H_n =	22.50	m
Factor C_t	C_t =	45	Porticos
Periodo de estructura	T=	0.58	seg
Factor de amplificación	C=	2.5	
Factor de reducción	R=	7	
Peso total de la estructura	P=	2681.3208	ton.
Fuerza cortante en la base	V=	344.74125	ton
Fuerza cortante en la base	V=	12.86%	
Dimensionamiento de placa			
Resistencia al concreto	f_c =	210	kg/cm ²
espesor de la placa	e=	0.25	cm ²

Tabla 12
Factores de carga sísmica en el eje Y

Factor de zona	Z=	2.5	Zona 2
Factor de uso	U=	1.0	Categoría C
Factor de suelo	S=	1.2	Tipo 2
Parametro Tp	Tp=	0.6	Tipo 2
Altura dela edificacion	Hn=	22.50	m
Factor Ct	Ct=	45	Porticos
Periodo de estructura	T=	0.58	seg
Factor de amplificacion	C=	2.5	
Factor de reduccion	R=	7	
Peso total de la estructura	P=	2681.3208	ton.
Fuerza cortante en la base	V=	344.74125	ton
Fuerza cortante en la base	V=	12.86%	
Dimensionamiento de placa			
Resistencia al concreto	f _c =	210	kg/cm ²
espesor de la placa	e=	0.25	cm ²

Estas dimensiones halladas son las mínimas los cuales se aumentarán dimensiones para cumplir los desplazamientos máximos permitidos, control de giros y por la misma arquitectura en ambos ejes.

4.1.4. Metrado de cargas

La medición de carga es una técnica para estimar las cargas que actúan sobre diferentes elementos estructurales de un edificio. A continuación, explique los tipos de cargas que actúan sobre dichos edificios:

A. Cargas permanentes o muertas

Son cargas gravitacionales que tiene presencia en la vida de la construcción, como el peso de la propia estructura, el peso del acabado, el peso del tabique y el peso de otros equipos que se mantienen fijos en la estructura.

B. Carga viva y sobrecarga

Son cargas de gravedad móviles que ocasionalmente pueden actuar sobre estructuras, como el peso de los ocupantes, muebles y equipos móviles.

Tabla 13
Sobrecarga

OCUPACION O USO	SOBRECARGA (Tn/m ²)
OFICINAS	
Exceptuando salas de archivo y computación	0.25
Salas de archivos	0.50
Salas de computacion	0.25
Corredor y escaleras	0.40
LUGARES DE ASAMBLEA	
Con asiento fijo	0.30
Con asiento movil	0.40
Salones de baile, restaurantes	0.40
graderías y tribunas	0.50
Correderos y escaleras	0.50
GARAJES	
Para parqueo de vehiculos menores	0.25
BAÑOS	
Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)	
TERRASAS	0.25

C. Sismo:

Son producidas por ondas sísmicas, producen aceleración en la masa de la estructura, por lo tanto, la fuerza de inercia cambiará con el tiempo.

La carga permanente y la carga viva se definen como cargas estáticas La norma de carga E-020 especifica el valor mínimo que debe utilizarse en el diseño estructural. Por otro lado, el estándar de diseño sísmico E-030 especifica cargas sísmicas.

En la *Tabla 14* se muestran los valores unitarios para realizar el metrado de cargas.

Tabla 14

Valores unitarios para metrado de cargas

SEGUNDA PLANTA

Eje	Descripción	Material	Peso (ton/m3)	Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)	Peso (ton/m)	Distancia(m)	Momento(tn.m)
EJE 4 Y2 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	4.50	0.15	3.00	3.65		
EJE 4 Y2 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	4.20	0.15	3.00	3.40		
EJE 4-2 ENTRE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	3.10	0.15	3.00	2.51		12.07
EJE 4-2 ENTRE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.05	0.15	3.00	1.66		3.49
EJE A ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.90	0.15	3.00	1.54		
EJE B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.90	0.15	3.00	1.54		
EJE 2-3 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		
EJE 2-3 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.30	0.15	3.00	1.05		
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.30	0.15	3.00	1.05		
EJE 4 ENTRE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.43	0.15	3.00	1.97		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	0.92	0.15	3.00	0.75		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.92	0.15	3.00	1.56		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.41	0.15	3.00	1.95		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.98	0.15	3.00	2.41		10.72
TOTAL							27.31		26.27

TERCERA PLANTA

Eje	Descripción	Material	Peso (ton/m3)	Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)	Peso (ton/m)	Distancia(m)	Momento(tn.m)
VOLADO EJE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.50	0.15	3.00	2.03		
VOLADO EJE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.50	0.15	3.00	2.03		
VOLADO ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	8.65	0.15	3.00	7.01		
EJE A ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.00	0.15	3.00	1.62		
EJE B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.00	0.15	3.00	1.62		
EJE 2-3 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		1.11
EJE 2-3 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		1.11
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.60	0.15	3.00	1.30	1.25	2.59
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.60	0.15	3.00	1.30	1.25	2.59
EJE 4 ENTRE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.43	0.15	3.00	1.97		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	0.92	0.15	3.00	0.75		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.92	0.15	3.00	1.56		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.41	0.15	3.00	1.95		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.98	0.15	3.00	2.41		10.72
TOTAL							27.79		18.12

CUARTA PLANTA

Eje	Descripción	Material	Peso (ton/m3)	Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)	Peso (ton/m)	Distancia(m)	Momento(tn.m)
VOLADO EJE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.50	0.15	3.00	2.03		
VOLADO EJE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.50	0.15	3.00	2.03		
VOLADO ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	8.65	0.15	3.00	7.01		
EJE A ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.00	0.15	3.00	1.62		
EJE B ENTRE 3-4	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.00	0.15	3.00	1.62		
EJE 2-3 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		1.11
EJE 3-4 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		1.11
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.60	0.15	3.00	1.30	1.25	2.59
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.60	0.15	3.00	1.30	1.25	2.59
EJE 4 ENTRE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.43	0.15	3.00	1.97		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	0.92	0.15	3.00	0.75		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.92	0.15	3.00	1.56		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.41	0.15	3.00	1.95		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.98	0.15	3.00	2.41		10.72
TOTAL							27.79		18.12

QUINTA PLANTA

Eje	Descripción	Material	Peso (ton/m3)	Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)	Peso (ton/m)	Distancia(m)	Momento(tn.m)
EJE A ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.00	0.15	3.00	1.62		
EJE 2-3 ENTRE A-B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.40	0.15	3.00	1.13		1.11
EJE A Y B ENTRE 2-3	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.60	0.15	3.00	1.30	1.25	2.59
EJE 4 ENTRE A	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.43	0.15	3.00	1.97		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	0.92	0.15	3.00	0.75		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.92	0.15	3.00	1.56		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.41	0.15	3.00	1.95		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.98	0.15	3.00	2.41		10.72
TOTAL							12.68		14.42

TERRAZA

Eje	Descripción	Material	Peso (ton/m3)	Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)	Peso (ton/m)
EJE A ENTRE 1 Y 4	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	15.00	0.15	1.00	4.05
EJE B ENTRE 1 Y 5	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	15.00	0.15	1.00	4.05
EJE 1 ENTRE A Y B	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	16.25	0.15	1.00	4.39
TOTAL							12.49

TERRAZA PLANTA

Eje	Descripción	Material	Peso (ton/m3)	Largo(m)	Ancho(m)	Alto(m)	Peso (ton/m)	Distancia(m)	Momento(tn.m)
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	0.92	0.15	3.00	0.75		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	1.92	0.15	3.00	1.56		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.41	0.15	3.00	1.95		
SS.HH	Muro de ladrillo	Albañelería	1.80	2.98	0.15	3.00	2.41		10.72
TOTAL							6.67		10.72

4.1.5. Análisis sísmico

A. Criterios del análisis sísmico

Al realizar el análisis sísmico se deben tomar en consideración los parámetros determinados en la norma de diseño sísmico E-030. La norma de diseño se expresa indicando que el edificio se comportará antes de considerar el sismo:

- Resistir sismos leves sin daños.
- Resistir sismo moderados considerando la posibilidad de daños estructurales leves.
- Resistir sismos severos con la posibilidad de daños estructurales importantes con una posibilidad remota de ocurrencia del colapso de la edificación.

El diseño antisísmico tiene como objetivo lograr un comportamiento elástico en terremotos suaves con alta frecuencia y un comportamiento inelástico en terremotos grandes con baja probabilidad de ocurrencia. Para lograr el comportamiento inelástico del componente estructural, se consideran en el diseño una serie de requisitos para brindar ductilidad.

El diseño tiene como objetivo evitar el frágil colapso de la estructura incluso bajo el terremoto más fuerte, pero acepta la consideración de que es mucho más barato reparar o reemplazar una estructura dañada que construir una estructura suficiente para evitar daños, por lo que sucederá La estructura es dañado.

B. Parámetros de diseño

Los siguientes materiales han sido considerados en el presente estudio:

a. Zonificación sísmica

El territorio nacional se divide en tres regiones, las cuales se basan en la distribución espacial de la actividad sísmica observada, las características generales del movimiento sísmico y su atenuación con la distancia del epicentro, y nueva información estructural.

A cada zona se le asigna un factor Z según se indica en la tabla N° 01, este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Tabla 15

Factores de zonificación sísmica

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

El presente proyecto se encuentra ubicado en:

- Departamento: Junín
- Provincia: Huancayo
- Distrito: Huancayo
- Lugar: Para esta edificación se tiene zona 2, Z=0.25.

b. Factor de uso

Por el tipo de edificación el factor de uso es: U = 1.0 (Grupo C)

c. Factor de suelo

Según el estudio de suelo se tiene tipo S2, s=1.2.

d. Coeficiente de amplificación sísmica (c)

De acuerdo con las características del sitio, use la siguiente expresión para definir el factor de aumento sísmico (C):

$$C = 2.5 * \left[\frac{T_p}{T} \right]; \quad C \leq 2.5$$

Este factor se interpreta como un factor de amplificación de la respuesta de la estructura en relación con la aceleración del suelo.

"T" es el período fundamental, y para cada dirección, se utilizará la siguiente expresión para estimar:

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

Dónde:

CT = 45 para edificios de concreto armado cuyos elementos Sismo resistente sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

e. Coeficiente de reducción (R)

Para estructuras de concreto armado duales R=7.

f. Peso de la estructura

Según el Cap IV Artículo 16.3 de RNE al peso permanente de la edificación se le agregará un porcentaje de carga viva o sobrecarga, siendo ésta para edificaciones de categoría C: $P = CM + 25\% CV$.

g. Configuración estructural

Tabla 16

Configuración estructural

Configuración	Tipo de irregularidad	Observación
Altura	Irregularidad de Rigidez - Piso blando	No presenta el edificio
	Irregularidad de Masa	No presenta el edificio
	Irregularidad Geométrica Vertical	No presenta el edificio
	Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	No presenta el edificio
Planta	Irregularidad Torsional	No presenta el edificio
	Esquinas Entrantes	No presenta el edificio
	Discontinuidad del Diafragma	No presenta el edificio

C. Análisis estático

El edificio a analizar tiene las siguientes características:

$$Z = 0.25, U = 1, S = 1.2, T_p = 0.6, h_n = 26.00m, R_x = 7, R_y = 7$$

Tabla 17

Análisis estático

Dirección	Sistema estructural	T _{aprox} (seg)	Caprox
X-X	Dual	$T_x = h_n / 45 = 0.578$	2.5
Y-Y	Dual	$T_x = h_n / 45 = 0.578$	2.5
Peso total de la estructura		2681.32 tn	
Cortante Basal	Fuerza cortante en la Ba	%	
V _{xx}	344.74	12.86%	
V _{yy}	344.74	12.86%	

a. Fuerza horizontal

Mostramos a continuación la distribución de la cortante basal en los diversos niveles de acuerdo a la norma NTE 030.

$$F_i = \frac{P_i h_i}{\sum_{j=1}^n P_j h_j} (V - F_a) \quad F_a = 0.07 T V \leq 0.15 V$$

Como en nuestro caso el periodo es inferior a 0.7 seg, entonces no consideramos el factor Fa.

$P_i \times h_i$ = Peso de cada piso por la altura respecto del nivel 0.

$\%V$ = Porcentaje de fuerza horizontal en cada nivel.

V_{xx} o V_{yy} = Fuerza horizontal en cada nivel según la dirección.

El nivel más alto del sótano 2 está por debajo del nivel 0 y está en un estado restringido de 1.60, mientras que el nivel más alto del sótano 1 está en el nivel 1.35 en relación con el nivel 0, por lo que el piso se ve afectado por la fuerza horizontal.

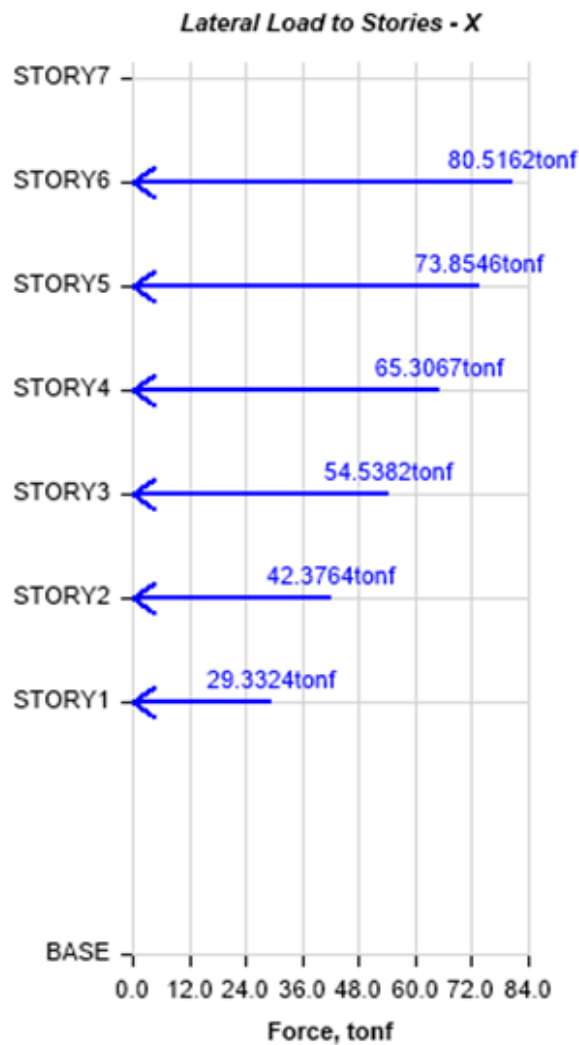


Figura 37. Fuerza horizontal.

D. Análisis dinámico

Dado que el edificio es un edificio convencional, el análisis dinámico se realiza utilizando el programa de combinación de espectro requerido por la norma NTE-030. Artículo 18. Para realizar el análisis anterior, es necesario definir lo siguiente:

a. Aceleración espectral

El análisis sísmico se realiza mediante superposición de espectros y el espectro de diseño se genera de acuerdo con factores regionales, tipos de edificación, tipos de suelo y sistemas estructurales.

Para determinar el espectro de respuesta, se utilizan los siguientes parámetros de diseño, los cuales han sido especificados en la norma actual de diseño sísmico E.030.

Tabla 18
Aceleración espectral

DESCRIPCION	SIMBOLO	TIPO	VALOR
Zonificación Sísmica	Z	Zona 2	0.25
Tipo de Suelo (Condiciones Geotécnicas)	S	Perfil Tipo S2	1.2
Periodo Fundamental	T _p		0.6
Categoría de la Edificación	U	C	I
Sistema Estructural (Eje Transversal)	R	Sistema Dual	7

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad ; \quad C \leq 2.5 \quad S_a = \left(\frac{Z \times U \times C \times S}{R} \right) g$$

Tabla 19
Datos para la Construcción del Espectro de Pseudo Aceleraciones

N°	T	C	S _a (Dual)
1	0.00	2.5000	1.261
2	0.10	2.5000	1.261
3	0.20	2.5000	1.261
4	0.30	2.5000	1.261
5	0.40	2.5000	1.261
6	0.50	2.5000	1.261
7	0.60	2.5000	1.261
8	0.70	2.1429	1.081
9	0.80	1.8750	0.946
10	0.90	1.6667	0.841
11	1.00	1.5000	0.757
12	1.10	1.3636	0.688
13	1.20	1.2500	0.631
14	1.30	1.1538	0.582
15	1.40	1.0714	0.541
16	1.50	1.0000	0.505
17	1.60	0.9375	0.473
18	1.70	0.8824	0.445
19	1.80	0.8333	0.420
20	1.90	0.7895	0.398
21	2.00	0.7500	0.378
22	2.10	0.7143	0.360
23	2.20	0.6818	0.344
24	2.30	0.6522	0.329
25	2.40	0.6250	0.315
26	2.50	0.6000	0.303

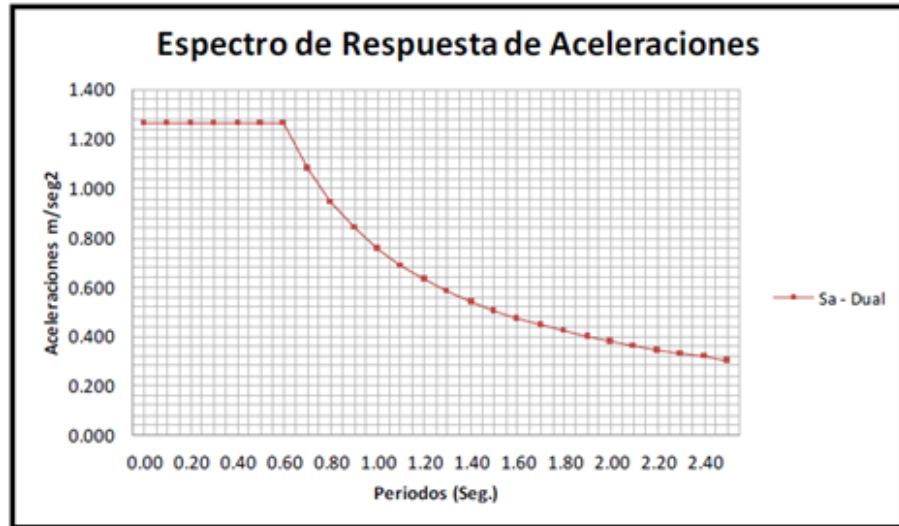


Figura 38. Periodo – Aceleraciones - Huancayo – Huancayo – Junin.

El estándar E.030 establece dos estándares para la superposición de espectros: el primero es una función del valor absoluto y la suma cuadrática media, y el segundo es una combinación cuadrática completa de valores (CQC).

$$r = 0.25 \times \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \times \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad \Delta = D \times 0.75 \times R \quad \gamma = \frac{\Delta}{H} \quad \delta = \Delta_{i+1} - \Delta_i$$

b. Resultados del análisis dinámico

Los periodos fundamentales de vibración para cada sentido.

$$T_{din} (X - X) = 0.756 \text{ seg} \quad T_{din} (Y - Y) = 0.625 \text{ seg}$$

A continuación se muestra el análisis del modelo a través de ETABS, y también se señala el período natural y el porcentaje de masa efectiva, que suman 100% en el modelo 18, lo que muestra que una mayor cantidad de modelos nos dará el mismo resultado.

Tabla 20

Análisis de modos

MODO	PERIODO (Seg)	% DE MASA	
		UX	UY
1	0.756	0.0084	0.7542
2	0.625	0.8629	0.0028
3	0.549	0.0219	0.0517
4	0.172	0.0807	0.0007
5	0.157	0.0003	0.1341
6	0.132	0.0042	0.0223
7	0.078	0.015	3.80E-05
8	0.065	8.44E-06	0.0058
9	0.061	2.00E-06	0.0162
10	0.057	0.0008	0.0001
11	0.054	0.0001	0.0038
12	0.05	0.0004	0.0001
13	0.044	0.0036	7.11E-07
14	0.035	0.0002	0.0037
15	0.032	0.0002	0.0025
16	0.029	0.0011	0.0003
17	0.022	0.0001	0.0011
18	0.021	0.0002	0.0005

- **Centro de masa y rigidez de cada nivel**

Tabla 21

Masa y rigidez

PISO	Mass X	X CENTRO DE MASA	Y CENTRO DE MASA	X CENTRO RIGIDEZ	Y CENTRO DE RIGIDEZ
	ton	m	m	m	m
PISO6	389.201	7.6575	9.6509	6.1678	9.7235
PISO5	415.124	7.7357	9.6426	7.2639	11.5765
PISO4	435.141	7.6021	9.1219	6.6873	10.8775
PISO3	445.546	7.4992	8.8542	6.44	10.4786
PISO2	446.874	7.539	8.8391	6.3152	10.1803
PISO1	425.304	7.5886	10.7843	6.237	9.9345

- **Desplazamiento de centro de masa**

Para cada nivel obtenido en el análisis dinámico, cumplen con los límites permitidos de la norma E-030 en ambas direcciones. Para cada sentido, se proporciona una tabla, que muestra el desplazamiento y la deformación máxima de cada piso obtenida en el análisis dinámico mayorados por el factor $0.75X_r$ (según norma E030 vigente).

Es importante indicar que la máxima distorsión, en ambas direcciones cumple con lo permisible por la norma E-030.

Tabla 22
Desplazamientos laterales

RESUMEN DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES MODULO 01										
DIRECCION X - X APORTICADO										
N°	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R	3/4x R	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor	Observ.
6	0.015066	0.013755	0.001311	7	5.25	3.5	0.00037	0.0020	0.007	BIEN
5	0.013755	0.012268	0.001487	7	5.25	3.5	0.00042	0.0022	0.007	BIEN
4	0.012268	0.010236	0.002032	7	5.25	3.5	0.00058	0.0030	0.007	BIEN
3	0.010236	0.007748	0.002488	7	5.25	3.5	0.00071	0.0037	0.007	BIEN
2	0.007748	0.004665	0.003083	7	5.25	3.5	0.00088	0.0046	0.007	BIEN
1	0.004665	0.004665	0.004665	7	5.25	8.5	0.00055	0.0029	0.007	BIEN
DIRECCION Y - Y APORTICADO										
N°	Da	PISO INF.	Dr	R	3/4x R	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.nor	Observ.
6	0.020715	0.017093	0.003622	7	5.25	3.5	0.00103	0.0054	0.007	BIEN
5	0.017093	0.013666	0.003427	7	5.25	3.5	0.00098	0.0051	0.007	BIEN
4	0.013666	0.010343	0.003323	7	5.25	3.5	0.00095	0.0050	0.007	BIEN
3	0.010343	0.00708	0.003263	7	5.25	3.5	0.00093	0.0049	0.007	BIEN
2	0.007080	0.004025	0.003055	7	5.25	3.5	0.00087	0.0046	0.007	BIEN
1	0.004025	0.004025	0.004025	7	5.25	8.5	0.00047	0.0025	0.007	BIEN

- **Irregularidad torsional**

Teniendo en cuenta esta irregularidad en edificios con tabiques rígidos, el desplazamiento medio de algunas entreplantas supera el 50% del valor máximo admisible (0,007); al mismo tiempo, en cualquier dirección de las dos direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos en un extremo de la propiedad es mayor a 1.3 veces su valor promedio. La siguiente tabla muestra las consideraciones principales para las irregularidades de torque.

Tabla 23
Irregularidad torsional

X-X			Y-Y			
Nº	Da	Dr	%Dr max	Da	Dr	%Dr max
6	0.015066	0.001311	5.35%	0.003438	0.000481	1.96%
5	0.013755	0.001487	6.07%	0.002957	0.000713	2.91%
4	0.012268	0.002032	8.29%	0.002244	0.000533	2.18%
3	0.010236	0.002488	10.16%	0.001711	0.000444	1.81%
2	0.007748	0.003083	12.58%	0.001267	0.000203	0.83%
1	0.004665	0.004665	7.84%	0.001064	0.001064	1.79%

Da: Desplazamiento absoluto

Dr: Desplazamiento relativo

Se observa que el Dr no excede al máximo normado del 50%, por lo tanto, no se verificara la irregularidad torsional.

- **Fuerza cortante mínima en la base**

La norma E-030 requiere que la fuerza cortante básica obtenida del análisis dinámico no debe ser menor al 80% de la fuerza cortante básica obtenida del análisis estático en el análisis convencional, y no debe ser menor al 90% para análisis irregulares.

Por tanto, es necesario incrementar el esfuerzo cortante para alcanzar el valor mínimo indicado. En la operación, obtenemos el factor de escala como:

Tabla 24
Fuerza cortante mínima de base

Factor a escalar		
Descripción	X-X	Y-Y
V análisis estático (Vd)	344.74	344.74 tn
V análisis dinámico (Vd)	289.30	293.1241 tn
V análisis estático al 80% (Vd80%)	275.79	275.79 tn
Factor a escalar	1.05	1.06

- **Junta de separación sísmica**

El estándar de diseño sísmico E.030 estipula que debe haber una distancia libre entre las estructuras adyacentes para evitar el contacto entre ellas. Dicha distancia libre es:

$S \Rightarrow 3 \text{ cm.}$

$S \Rightarrow 2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes.

$S = 3 + 0.004(h-500)$; h: altura del edificio; h y S en cm

Junta sísmica será de 10cm.

c. Fuerzas internas en las estructuras

• **Momento flector**

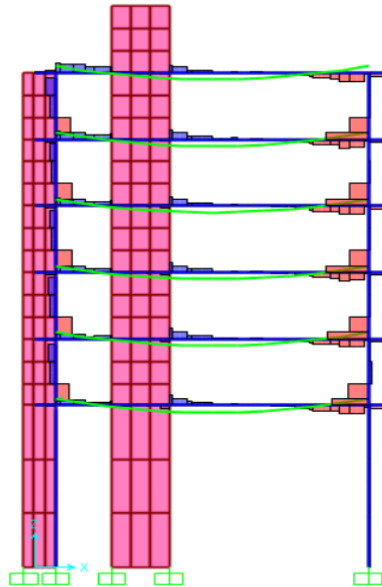


Figura 39. Eje 1 postensado.

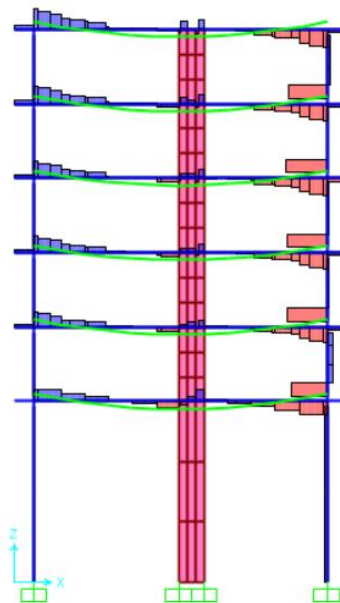


Figura 40. Eje 2 Postensado.

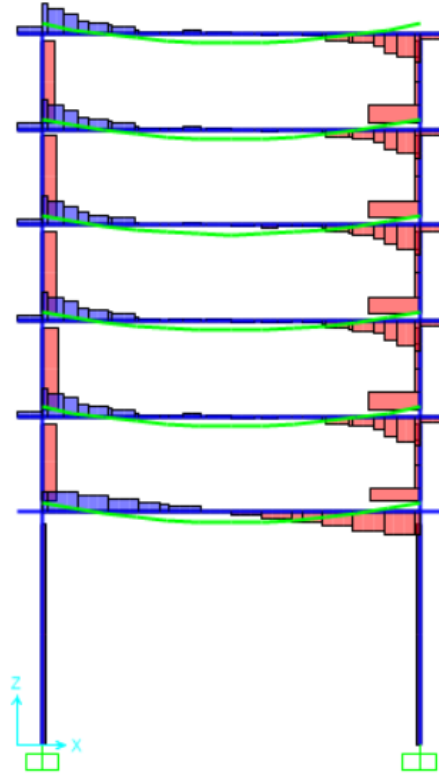


Figura 41. Eje 3 postensado.

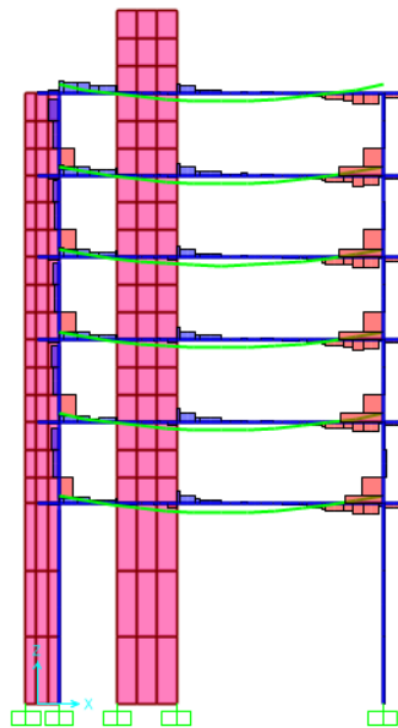


Figura 42. Eje 4 postensado.

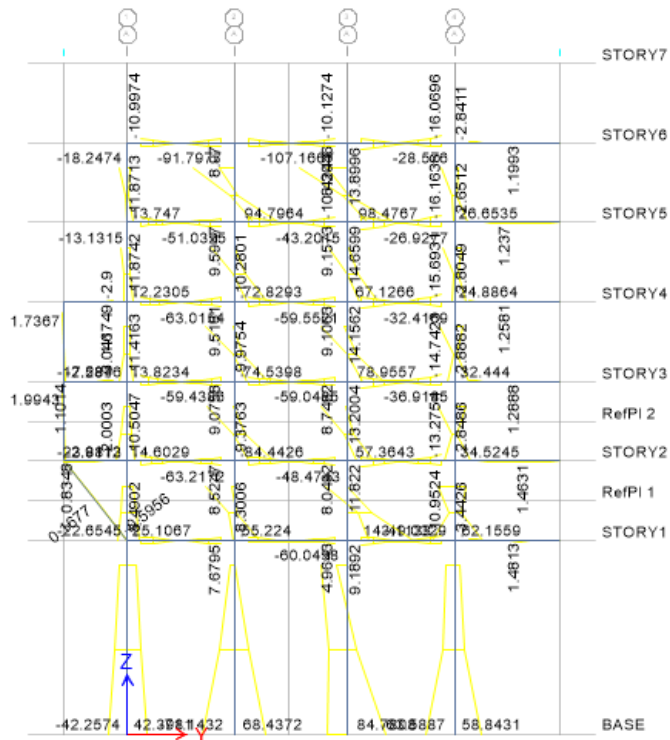


Figura 43. Eje A envolvente.

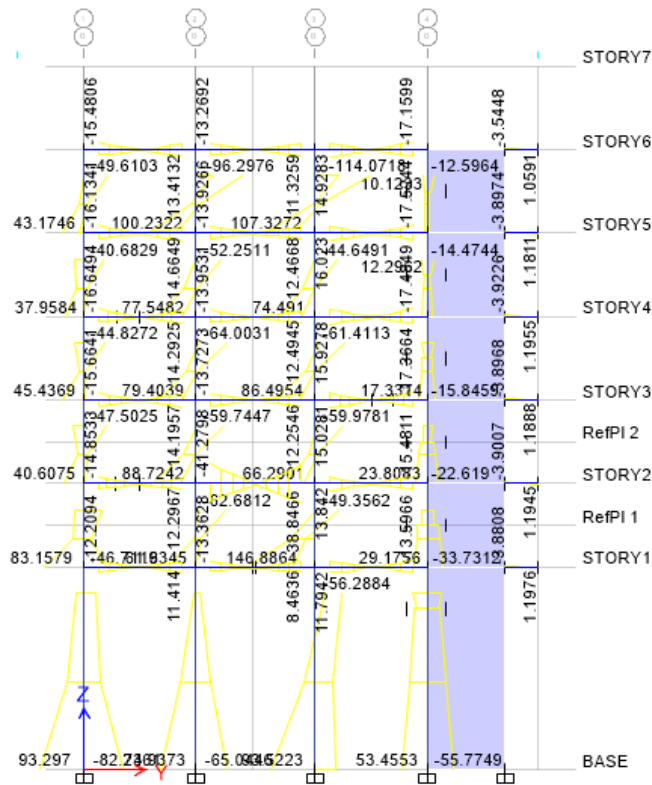


Figura 44. Eje B envolvente.

- **Momento flector**

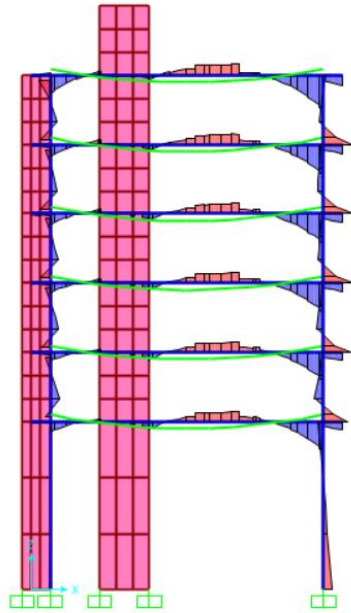


Figura 45. Eje 4 Postensado.

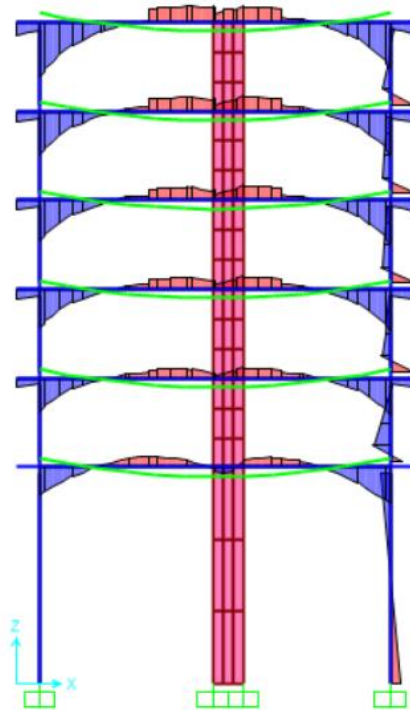


Figura 46. Eje 1 Postensado.

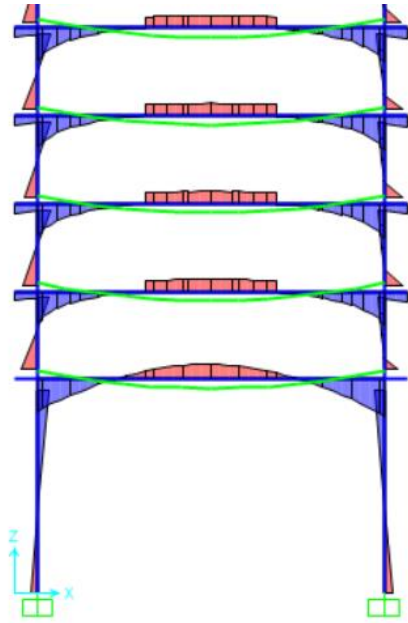


Figura 47. Eje 3 Postensado.

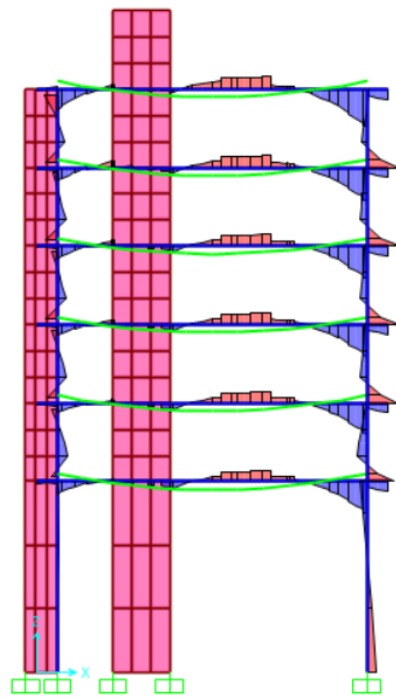


Figura 48. Eje 4 Postensado.

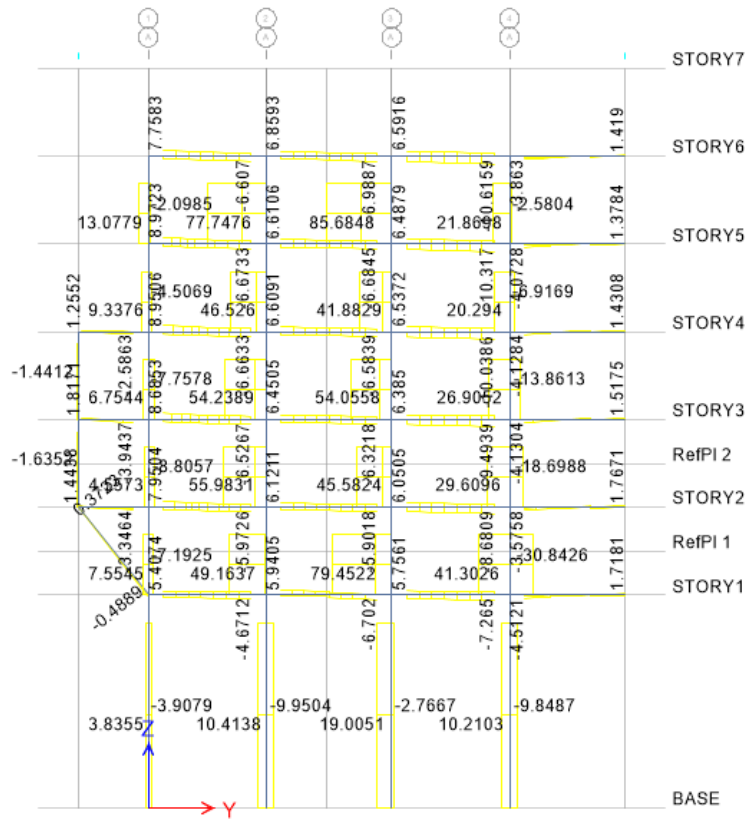


Figura 49. Eje A envolvente.

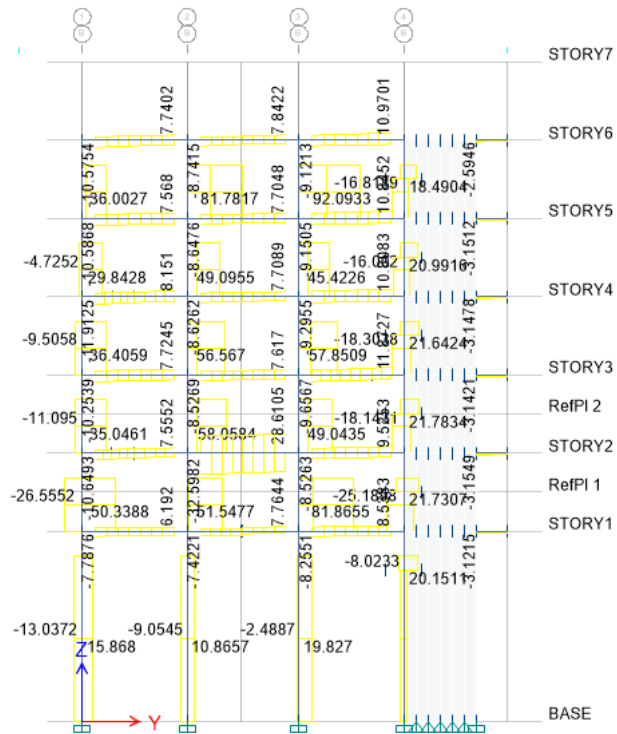


Figura 50. Eje B envolvente.

4.1.6. Diseño de concreto armado

A. Diseño de losa aligerada, maciza, nervada

Área de acero requerido en Nervios de losa Nervada.

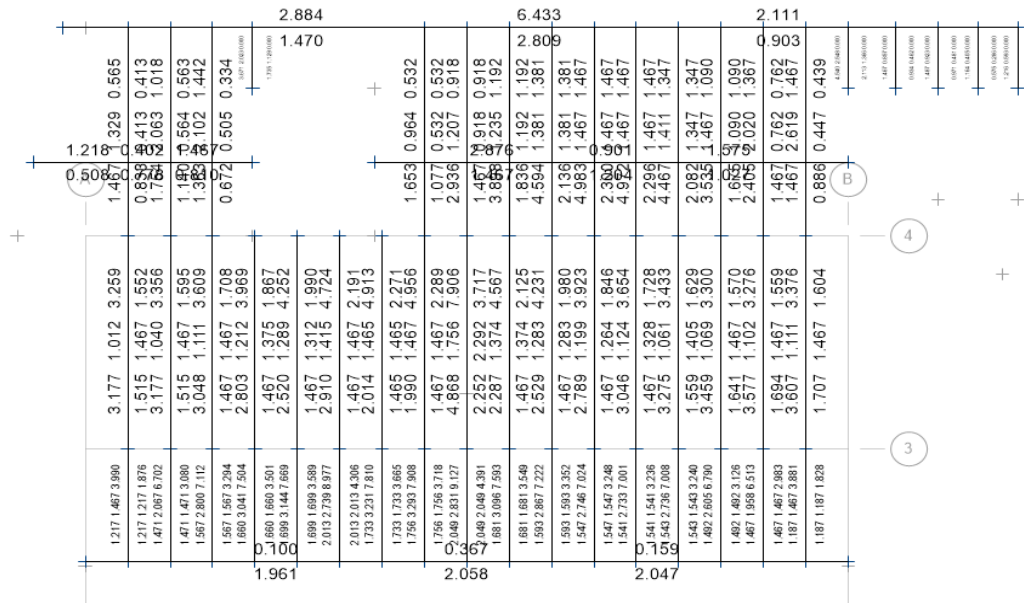


Figura 51. Nervios de losa nervada primer piso.

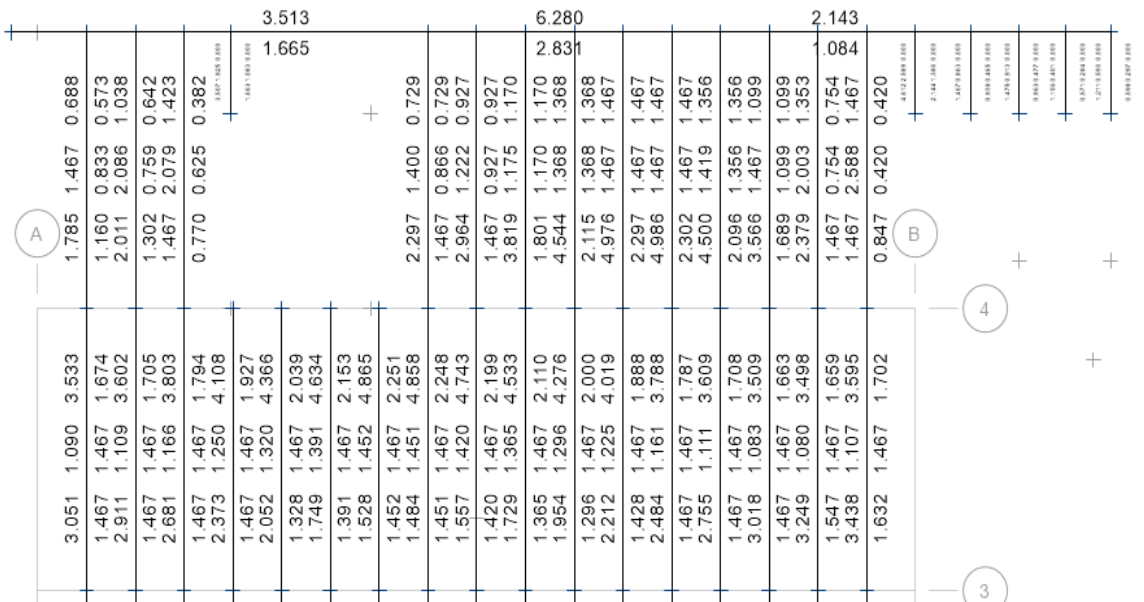


Figura 52. Nervios de losa nervada primer piso.

0.878 0.878 2.968	3.280	1.018	2.963	3.350	1.038	3.311
0.878 0.878 1.467	1.561	1.467	1.467	1.592	1.559	1.575
1.467 1.910 5.227	3.365	1.048	2.792	3.199	0.995	3.169
1.467 1.467 2.401	1.608	1.467	1.467	1.524	1.596	1.511
1.027 3.248 7.363	3.578	1.103	2.562	3.066	0.956	3.043
1.027 1.027 3.426	1.694	1.467	1.467	1.467	1.634	1.467
1.928 4.150 8.618	3.831	1.173	2.294	2.962	0.935	2.994
1.928 1.928 4.106	1.806	1.467	1.467	1.467	1.672	1.467
1.965 4.363 8.904	4.144	1.260	2.010	2.937	0.926	2.960
1.965 1.965 4.265	1.943	1.467	1.302	1.467	1.708	1.467
1.825 3.641 8.197	4.465	1.352	1.736	2.896	0.917	2.930
1.825 1.825 3.874	2.090	1.467	1.352	1.467	1.741	1.467
1.467 2.743 6.827	4.747	1.421	1.504	2.862	0.910	2.907
1.467 1.467 3.042	2.201	1.467	1.421	1.467	1.767	1.467
1.266 1.467 4.240	4.869	1.459	1.467	2.841	0.907	2.887
1.266 1.266 1.894	2.281	1.467	1.459	1.467	1.782	1.467
0.612 0.612 1.912	4.866	1.452	1.467	2.835	0.908	2.898
0.612 0.612 1.240	2.251	1.467	1.452	1.467	1.764	1.467
	4.636	1.392	1.467	2.843	0.911	2.910
	2.154	1.467	1.392	1.467	1.775	1.467
	4.267	1.293	1.741	2.867	0.916	2.929
	1.996	1.467	1.293	1.467	1.755	1.467
	4.001	1.220	2.057	2.905	0.924	2.953
	1.881	1.467	1.331	1.467	1.726	1.467
	3.738	1.147	2.359	2.951	0.931	2.979
	1.765	1.467	1.467	1.467	1.692	1.467
	3.526	1.088	2.637	3.003	0.938	3.003
	1.671	1.467	1.467	1.467	1.657	1.467
	3.397	1.051	2.883	3.137	0.977	3.090
	1.614	1.467	1.467	1.496	1.623	1.475
	3.360	1.046	3.083	3.325	1.031	3.244
	1.606	1.467	1.472	1.581	1.588	1.545
	3.495	1.079	3.327	3.547	1.094	3.426
	1.657	1.467	1.537	1.680	1.555	1.626

Figura 53. Nervios de losa nervada 2do nivel.

0.835 0.835 2.652	3.340	1.035	3.028	3.430	1.061	3.367
0.835 0.835 1.467	1.588	1.467	1.467	1.628	1.563	1.600
1.467 1.785 4.995	3.427	1.060	2.860	3.288	1.020	3.200
1.467 1.467 2.305	1.627	1.467	1.467	1.565	1.600	1.525
1.581 3.113 7.169	3.602	1.109	2.635	3.164	0.984	3.053
1.581 1.581 3.324	1.705	1.467	1.467	1.509	1.638	1.467
1.862 4.015 8.435	3.837	1.175	2.374	3.053	0.953	2.928
1.862 1.862 4.005	1.809	1.467	1.467	1.467	1.675	1.467
1.850 4.223 8.717	4.098	1.247	2.098	3.005	0.938	2.885
1.850 1.850 4.161	1.923	1.467	1.357	1.467	1.711	1.467
1.775 3.688 7.985	4.392	1.327	1.833	2.971	0.929	2.848
1.775 1.775 3.760	2.050	1.467	1.327	1.467	1.744	1.467
1.467 2.577 6.380	4.637	1.392	1.610	2.944	0.921	2.821
1.467 1.467 2.915	2.154	1.467	1.392	1.467	1.769	1.467
1.206 1.467 3.950	4.765	1.426	1.467	2.926	0.916	2.809
1.206 1.206 1.858	2.209	1.467	1.426	1.467	1.784	1.467
0.552 0.552 1.716	4.735	1.418	1.467	2.921	0.914	2.809
0.552 0.601 1.116	2.196	1.467	1.418	1.467	1.786	1.467
	4.503	1.357	1.553	2.929	0.917	2.820
	2.097	1.467	1.357	1.467	1.777	1.467
	4.216	1.279	1.888	2.952	0.923	2.841
	1.974	1.467	1.279	1.467	1.757	1.467
	3.978	1.214	2.209	2.986	0.933	2.868
	1.870	1.467	1.426	1.467	1.728	1.467
	3.747	1.150	2.508	3.028	0.945	2.899
	1.769	1.467	1.467	1.467	1.694	1.467
	3.567	1.099	2.780	3.158	0.983	3.013
	1.689	1.467	1.467	1.506	1.660	1.467
	3.472	1.073	3.017	3.329	1.032	3.173
	1.647	1.467	1.467	1.583	1.625	1.513
	3.488	1.077	3.212	3.532	1.089	3.361
	1.654	1.467	1.531	1.674	1.591	1.598
	3.637	1.119	3.355	3.769	1.156	3.583
	1.720	1.467	1.595	1.779	1.558	1.696

Figura 54. Nervios de losa nervada 3er nivel.

B. Diseño de vigas

Verificación de la relación de 5/6 viga columna.

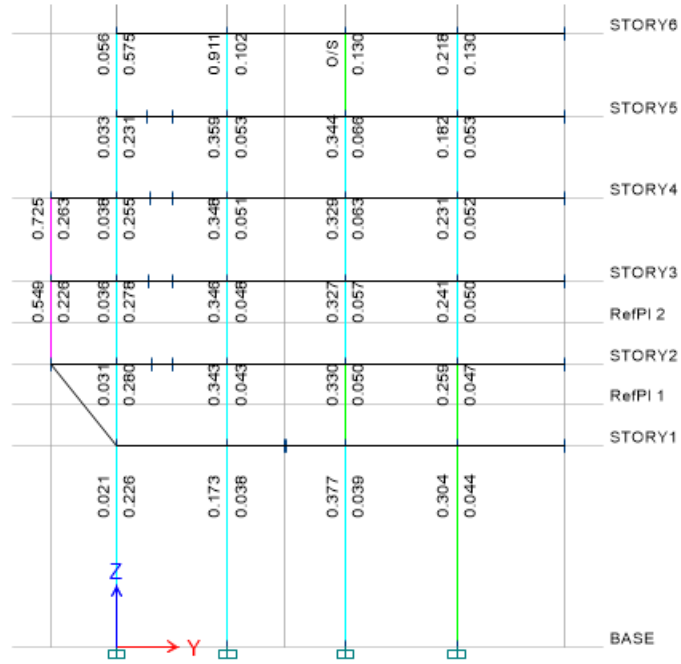


Figura 55. Viga columna Eje A.

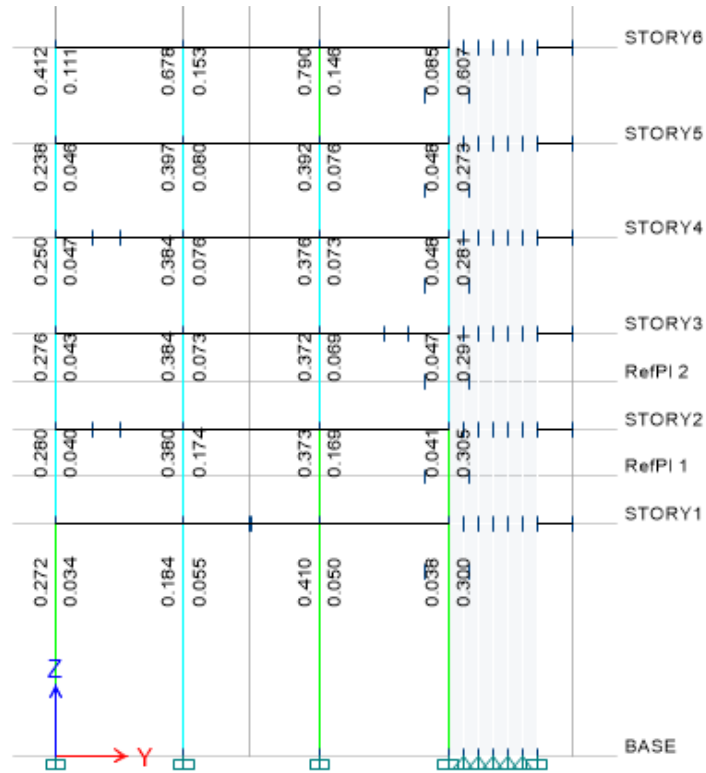


Figura 56. Viga columna Eje B.

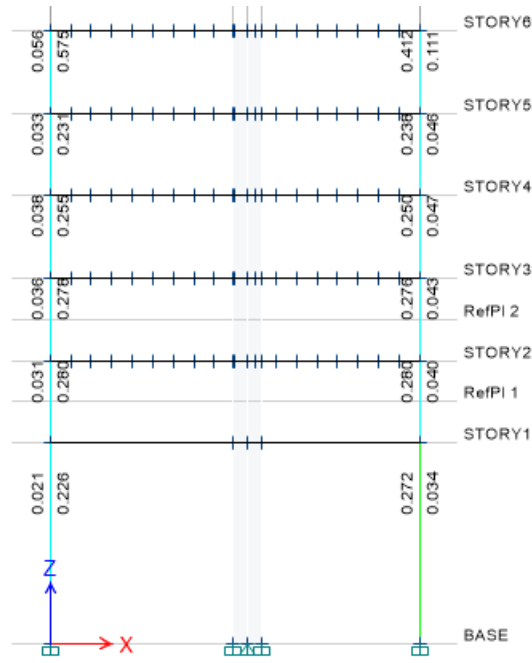


Figura 57. Viga columna Eje 1.

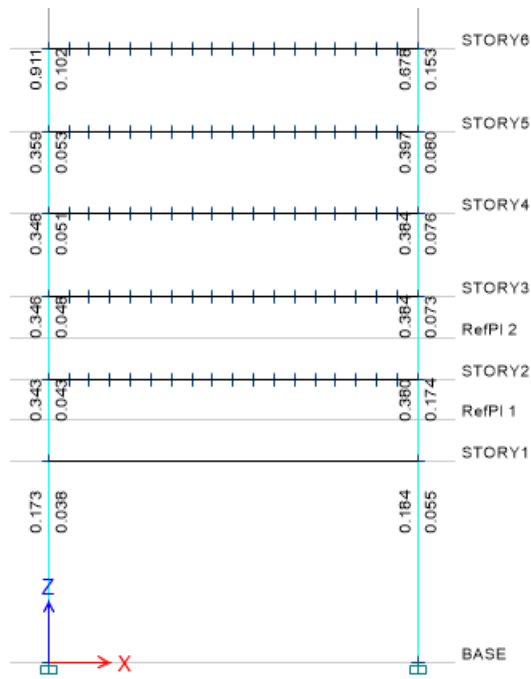


Figura 58. Viga columna Eje 2.

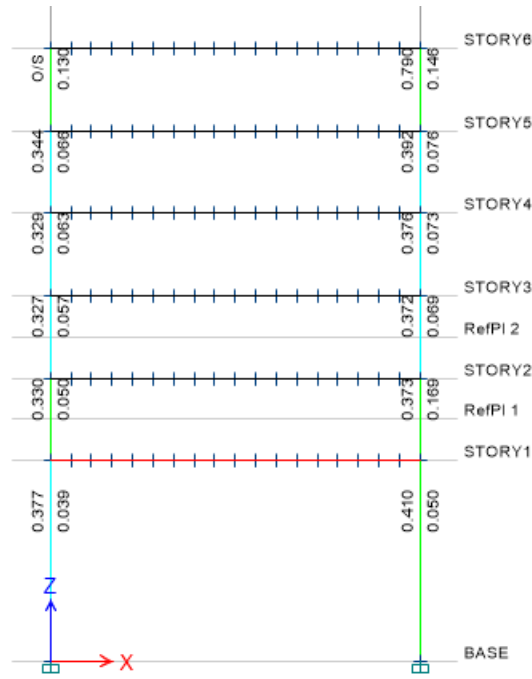


Figura 59. Viga columna Eje 3.

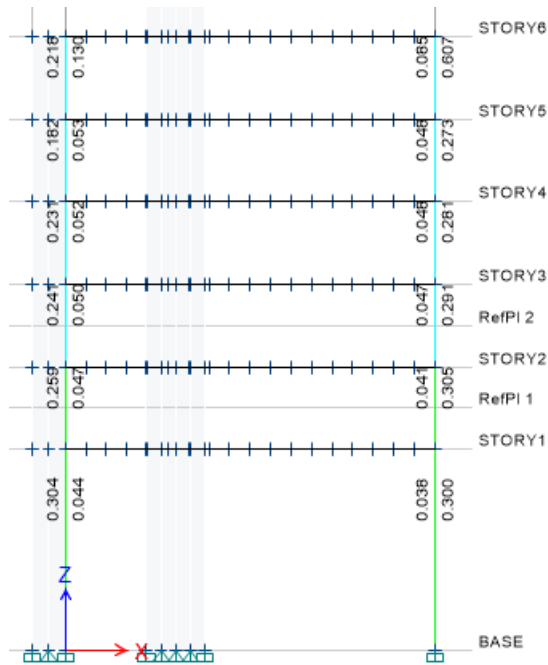


Figura 60. Viga columna Eje 4.

C. Diseño de columnas

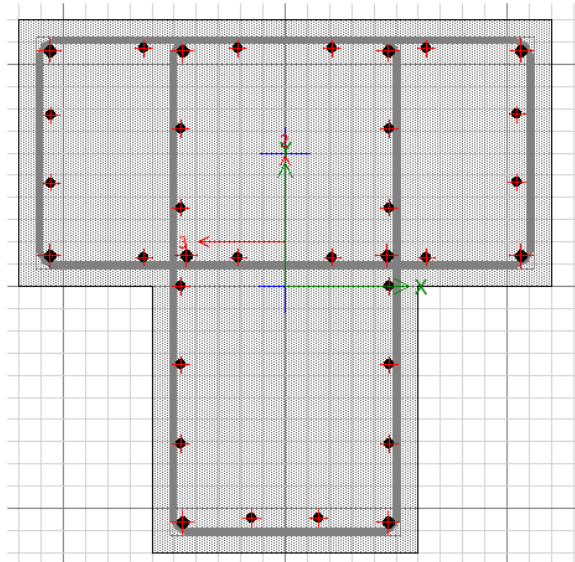


Figura 61. Columna en T 1.00x1.00x0.5m postensado.

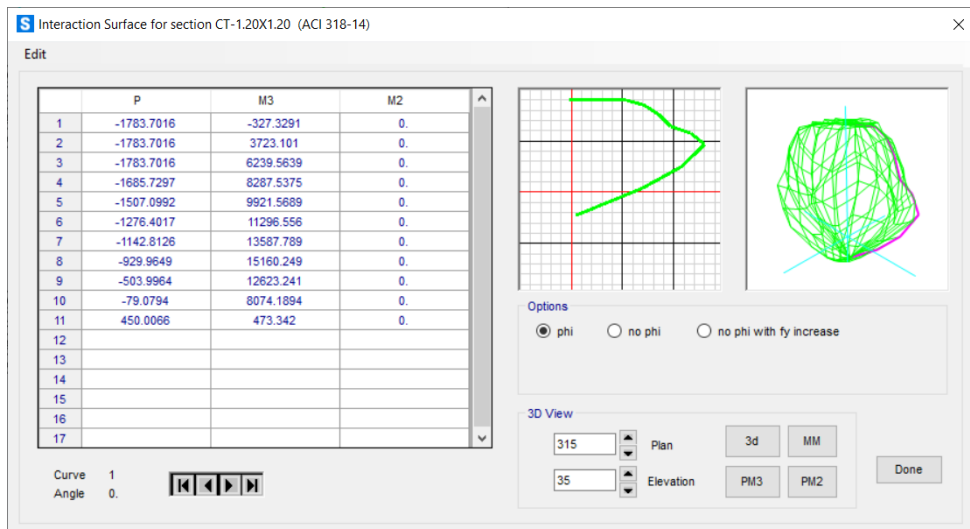


Figura 62. Diagrama de interacción de columna en T con postensado.

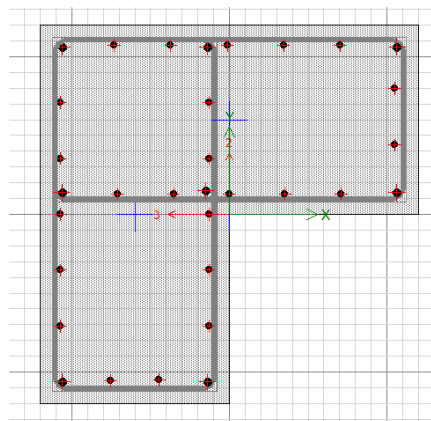


Figura 63. Columna en L 1.00X1.00X0.5m postensado.

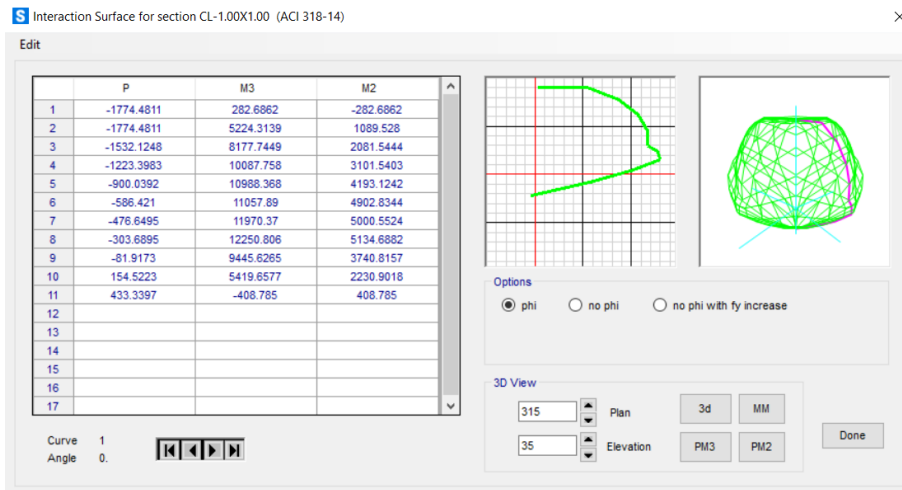


Figura 64. Columna en L diagrama interacción postensado.

4.1.7. Especificaciones

Las especificaciones del diseño de concreto postensado son:

- Las columnas se plantearon de tipo L y T para lograr las longitudes de desarrollo de los aceros.
- La luz efectiva de los pórticos principales es de 12.40 ml, la luz del pórtico es mayor por la disminución de dimensiones en las columnas
- Los tendones de 1” de diámetro se aplicó en las vigas principales de los pórticos.
- La diferencia entre sistema estructural tipo dual simple y sistema estructural tipo dual reforzado o postensado es que este último tiene mayor resistencia a tracción. Generando menores momentos flectores y como también esfuerzos cortantes que refleja en el resultado de las dimensiones de los sistemas estructurales y como también en la cuantía de los aceros.
- La diferencia de área en columnas tipo L es de 1.08m² a 0.75m² este último corresponde al postensado.
- La diferencia de área en columnas tipo T es de 1.08m² a 0.75m² este último corresponde al postensado.
- La diferencia de área en vigas de sección variable y en el tope de columnas es de 0.66 m² a 0.6 m² este último corresponde al postensado.
- El comportamiento de las losas macizas, nervadas no se analizó puesto que no es el objetivo del estudio.

4.2. Concreto estructural simple

4.2.1. Características

A. Análisis estructural

El presente proyecto contempla la construcción de un módulo cuenta con 5 niveles con diferentes oficinas, también cuenta con un ascensor, un tanque elevado de 8m³, y un mezzanine en el primer piso. Estos módulos están constituidos por Pórticos, muros estructurales, las vigas son sección variable. Además, con la finalidad de resolver sistemas estructurales hiperestáticos se ha desarrollado métodos no tradicionales, se utilizó el método de rigidez y el método de los Elementos Finitos (placas y muros).

a. Análisis estructural por cargas verticales

- Análisis por cargas permanentes o muertas: Este tipo de análisis se realizó en base a las cargas que actúan permanentemente en la estructura en análisis tales como: Peso propio de vigas, columnas, losas, tabiquería, acabados, coberturas, etc. Estas cargas serán repartidas a cada uno de los elementos que componen la estructura.
- Análisis por sobre cargas o cargas vivas: Este análisis se realiza en base a las sobrecargas estipuladas en el Reglamento.

b. Análisis estructural por cargas dinámicas

Según la norma de diseño antisísmica E-030, el edificio se analiza dinámicamente a través del programa de superposición de espectro. En la construcción, nos esforzamos para que las posiciones de los pilares y vigas tengan la mayor rigidez posible, para que la fuerza pueda resistir el terremoto. Para determinar la fuerza interna de la estructura en el análisis sísmico se utilizó el método de desratización (Método de las Masas Concentradas).

B. Propiedades de los materiales

Los siguientes materiales han sido considerados:

- Concreto
 - Módulo de Poisson : $\mu = 0.20$
 - Módulo de Elasticidad : 15100SQR ($f'c$)
 - Peso Unitario del Concreto : 2400.0 Kg/m³.
 - Resistencia a la Compresión :

- Vigas y columnas de Pórtico : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Vigas y columnas de Confinamientos : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Vigas de Cimentación : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Muros estructurales : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Zapatas : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Cimientos y Sobre cimiento : $f'c = 140.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Solados de Zapatas : $f'c = 100.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Losas aligeradas : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Losas macizas : $f'c = 210.0 \text{ Kg/cm}^2$.
- Albañilería
- Resistencia Mecánica del ladrillo : $f'm = 85 \text{ kg/cm}^2$
 - Peso Albañilería de unidades sólidas : $1800 \text{ Kg/m}^3 = 1800 \text{ E-06 Kg/cm}^3$.
 - Peso Albañilería ladrillo hueco : $1350 \text{ Kg/m}^3 = 1350 \text{ E-06 Kg/cm}^3$.
 - Masa por Unidad de Volumen se divide el peso entre 9.806 m/seg^2 .
 - Módulo de Elasticidad : $E = 50 \times f'm = 4250 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Módulo de Poisson cuantificado : $\nu = 0.25$.
- Acero corrugado
- Acero Corrugado ASTM 615 Grado 60 : $f_y = 4200.0 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Módulo de Elasticidad del Acero : $E = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.

C. Estructuración

Una estructura adecuada permitirá la creación de mejores modelos a través de los cuales se puedan realizar análisis estructurales más precisos, y debemos tener en cuenta que para ello, la estructura debe ser lo más simple posible; de esta manera, su modelo será más fácil y más preciso.

a. Resistencia y ductilidad

La capacidad de resistir el esfuerzo sísmico y la carga de gravedad es proporcional. La estructura de cualquier edificio debe tener suficiente resistencia a la carga sísmica final y su propia carga permanente, y debe proporcionar resistencia a las cargas sísmicas en al menos dos direcciones ortogonales para asegurar la estabilidad de la estructura.

Además, considerando que el hormigón es un material frágil, a estos elementos se les debe dar suficiente ductilidad para intentar que se rompan dúctilmente, por ejemplo mediante flexión, y luego quebradizos, por ejemplo mediante corte.

b. Rigidez lateral

El elemento que aporta rigidez al edificio es el muro de hormigón armado, por lo que el edificio tiene suficiente densidad y distribución en dos direcciones para resistir fuerzas horizontales.

c. Diafragma rígido

El tabique está compuesto por placas ligeras planas reforzadas en un sentido. Por su composición y prestaciones, el tabique asegura la formación de un tabique rígido, de modo que la estructura se idealiza como una unidad, y la fuerza horizontal aplicada se basa en lograr su rigidez lateral.

D. Predimensionamiento

a. Losas aligeradas

Las losas aligeradas son en realidad losas nervadas porque tienen una vigueta cada cierta distancia (30 cm) y están unidas por la losa maciza anterior (espesor = 5 cm). El espesor es igual a 4.05m, y el espesor considerado es 0.17m, que incluye la placa superior de 0.05m y los ladrillos rellenos de 12 * 30 * 30 cm. De acuerdo al Artículo 10.4.1 de la Norma E-0.60, no se verificarán deflexiones si el peralte es mayor que la luz mayor entre 25, por lo tanto, se tiene: $h = 0.17m \geq 4.05 / 25 = 0.16m$.

b. Losas macizas

Se considera un espesor de 15 cm. Para igualar el grosor de la garganta de la escalera. De acuerdo con 10.4.1.2. De la norma E-0.60, para una placa maciza con una sobrecarga menor a 300 kg / m² y un vano menor a 7,5 m, si el peralte es mayor que el vano mayor a 30, la deflexión no será verificado, así que tenemos: $h = 0.15m \geq 2.65 / 30 = 0.09m$

c. Vigas

Para el predimensionamiento de viga se tendrá en cuenta las siguientes formulas.

FORMULAS USADAS

$$d = L_n \sqrt{\frac{W_u B}{\alpha \phi f'_c b \omega (1 - 0.59 \omega)}} \quad \frac{1}{\beta} = 1.1 \sqrt{\frac{20 W_u}{\alpha \phi f'_c \omega (1 - 0.59 \omega)}} \quad h = 1.1d \quad \omega = \rho \frac{f_y}{f'_c} \quad b = \frac{B}{20}$$

Tabla 25
Factores de cálculo de vigas

FACTORES DE CALCULO

α	16
ϕ	0.9
f'_c	210 Kg/cm ²
ρ	0.007
ω	0.14
f_y	4200 Kg/cm ²

d. Columnas

Seguir las recomendaciones de la norma ACI 318, que en su capítulo 12.6 señala los factores de consideración y fórmulas para determinar el área mínima (A_c) de la columna en función de la posición de la columna (central, lateral y lateral). También se recomienda que el espesor mínimo de la columna principal en cualquier dirección sea de 0,25 m.

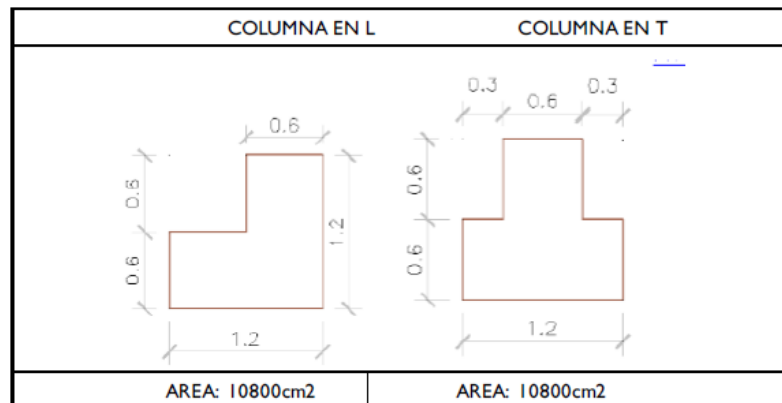


Figura 65. Columna en L y en T.

e. Placas

Para poder predeterminar el tamaño de estos componentes, se debe asumir que la fuerza de corte absorbida por el tablero (V_u) es menor al 80%, entonces el tamaño del tablero debe ser tal que la resistencia al corte (ϕV_c) debe ser mayor que V_u , por lo que se recomienda la norma E.030

Se realizó un análisis sísmico aproximado por el método estático para obtener el esfuerzo cortante de cimentación de la estructura.

f. Escaleras

El RNE nos especifica las siguientes características que deben tener las escaleras:

- El ancho mínimo que debe tener una escalera es de 1.20 m.
- La escalera debe tener como máximo 17 pasos continuos.
- Los descansos intermedios deben tener en la línea de pasos un ancho mínimo de 90cm.
- Asimismo, las dimensiones de un paso (p) y un contrapaso (cp). $p= 25$ cm; - $cp=18$ cm.
- La escalera se comporta como una losa maciza por lo que el espesor de la garganta debe ser como mínimo un treintavo de la luz libre ($l_n/25$). que tiene la escalera $l_n = 3.75 / 0.25 = 0.20$ m. cumplimos satisfactoriamente con este
- Requisito: Se adopta un espesor de losa igual a 20 cm. para los descansos.

g. Ascensor y cuarto de máquinas

RNE dijo que para edificios con más de 9 pisos, debe tener al menos dos ascensores, porque el proyecto pretende construir un edificio de 5 pisos, por lo que es suficiente implementar uno de ellos. Elija un ascensor tipo 1 que pueda acomodar a 6 personas (420Kg.)

4.2.2. Metrado

- Cargas permanentes o muertas: Son cargas gravitatorias que actúan sobre la vida útil de la estructura, tales como: el peso de la estructura.
- Carga viva o sobrecarga: Son cargas gravitatorias movibles, que pueden actuar en forma esporádica sobre la estructura, tales como peso de los ocupantes, muebles, equipos removibles, etc.
- Sismo: Son las producidas por las ondas sísmicas. Las cargas permanentes y la carga viva son definidas como Cargas Estáticas. Los valores mínimos están estipulados en la Norma de Cargas E-020. Por otro lado, las cargas de sismo se especifican en la Norma de Diseño Sismorresistente E-030.

4.2.3. Análisis sísmico

A. Criterios del análisis sísmico

Los parámetros establecidos en la norma de diseño sísmico E-030 deben tomarse en consideración al realizar el análisis sísmico, donde la norma de diseño se expresa indicando que el edificio se comportará antes de considerar el sismo:

- a) Resistir sismos leves sin daños.
- b) Resistir sismo moderados considerando la posibilidad de daños estructurales leves.
- c) Resistir sismos severos con la posibilidad de daños estructurales importantes con una posibilidad remota de ocurrencia del colapso de la edificación.

El diseño antisísmico tiene como objetivo lograr un comportamiento elástico en terremotos suaves con alta frecuencia y un comportamiento inelástico en terremotos grandes con baja probabilidad de ocurrencia.. Para lograr el comportamiento inelástico de los elementos estructurales, se consideraron en el diseño una serie de requisitos para brindar ductilidad.

El diseño tiene como objetivo evitar el frágil colapso de la estructura incluso bajo el terremoto más fuerte, pero la consideración para aceptar tal daño estructural es que es más económico reparar o reemplazar la estructura dañada que construir una estructura que sea lo suficientemente fuerte para evitar daños.

B. Parámetros de diseño

Los siguientes materiales han sido considerados en el presente estudio:

a. Zonificación sísmica

El territorio nacional está dividido en tres regiones, las cuales se basan en la distribución espacial de la actividad sísmica observada, las características generales del movimiento sísmico y su atenuación con la distancia del epicentro, y nueva información estructural.

Como se muestra en la Tabla N ° 01, a cada área se le asigna un factor Z, el cual se interpreta como la aceleración máxima del suelo, la cual puede superar el 10% en 50 años.

Tabla 26
Factores sísmicos

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

El presente proyecto se encuentra ubicado en:

- Departamento : Junín
- Provincia : Huancayo
- Distrito : Huancayo
- Lugar : Para esta edificación se tiene zona 2, Z=0.25

b. Factor de uso

Por el tipo de edificación el factor de uso es: U = 1.0 (Grupo C)

c. Factor de suelo

Según el estudio de suelo se tiene tipo S2.

d. Coeficiente de amplificación sísmica (c)

De acuerdo a las características de sitio se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2.5 * \left[\frac{T_p}{T} \right]; \quad C \leq 2.5$$

Este factor se interpreta como un factor de amplificación de la respuesta de la estructura en relación con la aceleración del suelo.

"T" es el periodo fundamental, que para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

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

Dónde:

CT = 45 para edificios de concreto armado cuyos elementos Sismo resistente sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras.

e. Coeficiente de reducción por ductilidad (R)

Por irregularidad de la estructura el R es ¾ del tomado, entonces el Rx= 4.50 y Ry =5.25.

f. Peso de la estructura

Según el Cap IV Artículo 16.3 de RNE al peso permanente de la edificación se le agregará un porcentaje de carga viva o sobrecarga, siendo ésta para edificaciones de categoría C: $P = CM + 25\% CV$.

g. Configuración estructural

Tabla 27

Configuración estructural

Configuración	Tipo de irregularidad	Observación
Altura	Irregularidad de Rigidez - Piso blando	No presenta el edificio
	Irregularidad de Masa	No presenta el edificio
	Irregularidad Geométrica Vertical	No presenta el edificio
	Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	No presenta el edificio
Planta	Irregularidad Torsional	No presenta el edificio
	Esquinas Entrantes	No presenta el edificio
	Discontinuidad del Diafragma	No presenta el edificio

C. Análisis estático

El edificio a analizar tiene las siguientes características:

$$Z = 0.3, U = 1, S = 1.2, T_p = 0.6, h_n = 26.00\text{m}, R_x = 7, R_y = 7$$

Tabla 28

Análisis estático de dirección y cortante basal

Dirección	Sistema estructural	T _{aprox} (seg)	Caprox
X-X	Dual	$T_x = h_n/45 = 0.578$	2.5
Y-Y	Dual	$T_x = h_n/45 = 0.578$	2.5
Peso total de la estructura		2681.32 tn	
Cortante Basal	Fuerza cortante en la Ba	%	
V _{xx}	344.74	12.86%	
V _{yy}	344.74	12.86%	

a. Fuerza horizontal

Mostramos a continuación la distribución de la cortante basal en los diversos niveles de acuerdo a la norma NTE 030.

$$F_i = \frac{P_i h_i}{\sum_{j=1}^n P_j h_j} (V - F_a) \quad F_a = 0.07 T V \leq 0.15 V$$

Como en nuestro caso el periodo es inferior a 0.7 seg, entonces no consideramos el factor F_a .

$P_i \times h_i$ = Peso de cada piso por la altura respecto del nivel 0.

%V = Porcentaje de fuerza horizontal en cada nivel.

V_{xx} o V_{yy} = Fuerza horizontal en cada nivel según la dirección.

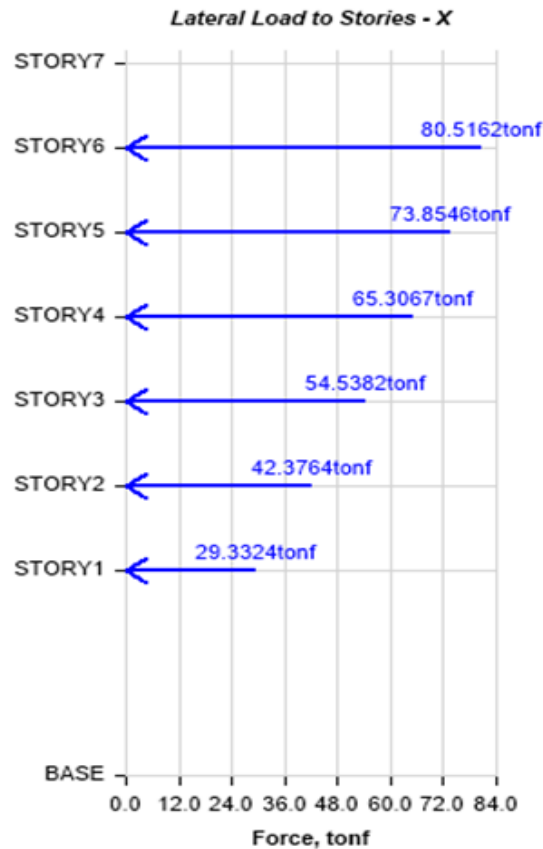


Figura 66. Fuerza horizontal.

D. Análisis dinámico

Debido a que la edificación es convencional el análisis dinámico se realizó mediante el procedimiento de combinación espectral requerido por la norma NTE -030. Artículo 18. Para dicho análisis fue necesario definir lo siguiente:

a. Aceleración espectral

El análisis sísmico se realiza a través de la superposición de espectro y el espectro de diseño se genera de acuerdo con factores regionales, tipos de edificios, tipos de suelo y sistemas estructurales.

Para determinar el espectro de respuesta, se utilizan los siguientes parámetros de diseño, los cuales han sido especificados en la norma actual de diseño sísmico E.030.

Tabla 29

Aceleración espectral

DESCRIPCION	SIMBOLO	TIPO	VALOR
Zonificación Sísmica	Z	Zona 3	0.4
Tipo de Suelo (Condiciones Geotécnicas)	S	Perfil Tipo S2	1.2
Periodo Fundamental	T _p		0.6
Categoría de la Edificación	U	C	I
Sistema Estructural (Eje Transversal)	R	Sistema Dual	7

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad ; \quad C \leq 2.5 \quad S_a = \left(\frac{Z \times U \times C \times S}{R} \right) g$$

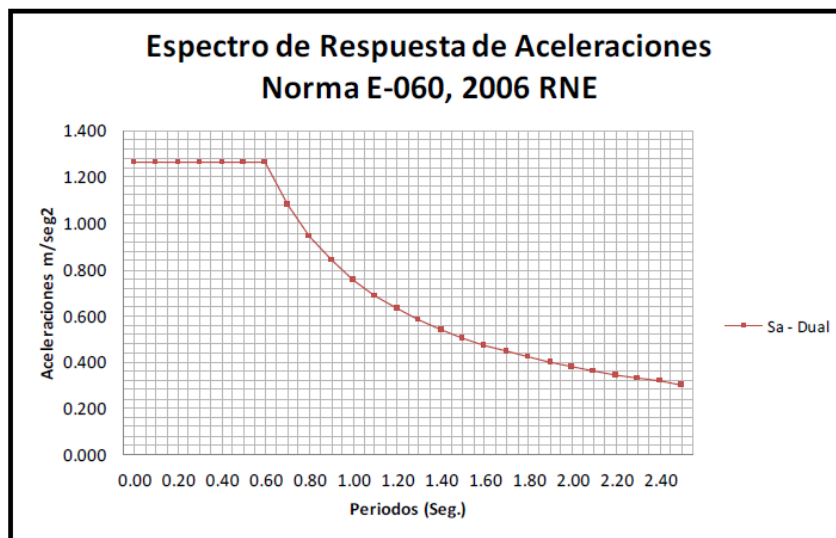


Figura 67. Periodo – Aceleraciones - Tambo – Huancayo – Junín.

Tabla 30

Datos para la Construcción del Espectro de Pseudo Aceleraciones

N°	T	C	Sa (Dual)
1	0.00	2.5000	1.261
2	0.10	2.5000	1.261
3	0.20	2.5000	1.261
4	0.30	2.5000	1.261
5	0.40	2.5000	1.261
6	0.50	2.5000	1.261
7	0.60	2.5000	1.261
8	0.70	2.1429	1.081
9	0.80	1.8750	0.946
10	0.90	1.6667	0.841
11	1.00	1.5000	0.757
12	1.10	1.3636	0.688
13	1.20	1.2500	0.631
14	1.30	1.1538	0.582
15	1.40	1.0714	0.541
16	1.50	1.0000	0.505
17	1.60	0.9375	0.473
18	1.70	0.8824	0.445
19	1.80	0.8333	0.420
20	1.90	0.7895	0.398
21	2.00	0.7500	0.378
22	2.10	0.7143	0.360
23	2.20	0.6818	0.344
24	2.30	0.6522	0.329
25	2.40	0.6250	0.315
26	2.50	0.6000	0.303

El estándar E.030 establece dos estándares para la superposición de espectros: el primero es una función de la suma de valores absolutos y el cuadrado medio, y el segundo es una combinación cuadrática completa de valores (CQC).

$$r = 0.25 \times \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \times \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad \Delta = D \times 0.75 \times R \quad \gamma = \frac{\Delta}{H} \quad \delta = \Delta_{i+1} - \Delta_i$$

b. Resultados del análisis dinámico

- Los periodos fundamentales de vibracion para cada sentido.

$$T_{din} (X - X) = 0.756 \text{ seg} \quad T_{din} (Y - Y) = 0.625 \text{ seg}$$

A continuación se muestra el análisis del modelo a través de SAP 2000, y también se señala el período natural y el porcentaje de masa efectiva, que suman 100% en el modelo 18, lo que muestra que una mayor cantidad de modelos nos dará el mismo resultado.

Tabla 31

Resultado del análisis dinámico

MODO	PERIODO (Seg)	% DE MASA	
		UX	UY
1	0.756	0.0084	0.7542
2	0.625	0.8629	0.0028
3	0.549	0.0219	0.0517
4	0.172	0.0807	0.0007
5	0.157	0.0003	0.1341
6	0.132	0.0042	0.0223
7	0.078	0.015	3.80E-05
8	0.065	8.44E-06	0.0058
9	0.061	2.00E-06	0.0162
10	0.057	0.0008	0.0001
11	0.054	0.0001	0.0038
12	0.05	0.0004	0.0001
13	0.044	0.0036	7.11E-07
14	0.035	0.0002	0.0037
15	0.032	0.0002	0.0025
16	0.029	0.0011	0.0003
17	0.022	0.0001	0.0011
18	0.021	0.0002	0.0005

- Centro de masa y rigidez de cada nivel

Tabla 32

Centro de masa y rigidez

PISO	Mass X	X CENTRO DE MASA	Y CENTRO DE MASA	X CENTRO RIGIDEZ	Y CENTRO DE RIGIDEZ
	ton	m	m	m	m
PISO6	389.201	7.6575	9.6509	6.1678	9.7235
PISO5	415.124	7.7357	9.6426	7.2639	11.5765
PISO4	435.141	7.6021	9.1219	6.6873	10.8775
PISO3	445.546	7.4992	8.8542	6.44	10.4786
PISO2	446.874	7.539	8.8391	6.3152	10.1803
PISO1	425.304	7.5886	10.7843	6.237	9.9345

- Desplazamiento de centro de masa

Para cada nivel obtenido en el análisis dinámico, cumplen con los límites permitidos de la norma E-030 en ambas direcciones. Para cada sentido se proporcionan tablas, que muestran el desplazamiento y la deformación máxima de cada piso obtenida en el análisis dinámico, agregando un factor $0.75X_r$ (según norma E030 vigente).

Es importante indicar que la máxima distorsión, en ambas direcciones cumple con lo permisible por la norma E-030.

Tabla 33

Desplazamientos laterales

RESUMEN DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES MODULO 01										
DIRECCION X - X APORTICADO										
N°	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R	3/4x R	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor	Observ.
6	0.015066	0.013755	0.001311	7	5.25	3.5	0.00037	0.0020	0.007	BIEN
5	0.013755	0.012268	0.001487	7	5.25	3.5	0.00042	0.0022	0.007	BIEN
4	0.012268	0.010236	0.002032	7	5.25	3.5	0.00058	0.0030	0.007	BIEN
3	0.010236	0.007748	0.002488	7	5.25	3.5	0.00071	0.0037	0.007	BIEN
2	0.007748	0.004665	0.003083	7	5.25	3.5	0.00088	0.0046	0.007	BIEN
1	0.004665	0.004665	0.004665	7	5.25	8.5	0.00055	0.0029	0.007	BIEN
DIRECCION Y - Y APORTICADO										
N°	Da	PISO INF.	Dr	R	3/4x R	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.nor	Observ.
6	0.020715	0.017093	0.003622	7	5.25	3.5	0.00103	0.0054	0.007	BIEN
5	0.017093	0.013666	0.003427	7	5.25	3.5	0.00098	0.0051	0.007	BIEN
4	0.013666	0.010343	0.003323	7	5.25	3.5	0.00095	0.0050	0.007	BIEN
3	0.010343	0.00708	0.003263	7	5.25	3.5	0.00093	0.0049	0.007	BIEN
2	0.007080	0.004025	0.003055	7	5.25	3.5	0.00087	0.0046	0.007	BIEN
1	0.004025	0.004025	0.004025	7	5.25	8.5	0.00047	0.0025	0.007	BIEN

- Irregularidad torsional

Esta irregularidad se considera en edificaciones con tabiques rígidos, donde el desplazamiento promedio de algunas entreplantas supera el 50% del desplazamiento máximo permitido (0.007); y al mismo tiempo en cualquier dirección de las dos direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos en un extremo del edificio es mayor que 1.3 veces el promedio del desplazamiento relativo máximo, y el desplazamiento relativo se obtiene al mismo tiempo. el tiempo en la dirección opuesta El final. La siguiente tabla muestra las consideraciones principales para las irregularidades de torque.

Tabla 34

Irregularidad torsional

X-X			Y-Y			
N°	Da	Dr	%Dr max	Da	Dr	%Dr max
6	0.015066	0.001311	5.35%	0.003438	0.000481	1.96%
5	0.013755	0.001487	6.07%	0.002957	0.000713	2.91%
4	0.012268	0.002032	8.29%	0.002244	0.000533	2.18%
3	0.010236	0.002488	10.16%	0.001711	0.000444	1.81%
2	0.007748	0.003083	12.58%	0.001267	0.000203	0.83%
1	0.004665	0.004665	7.84%	0.001064	0.001064	1.79%

Da: Desplazamiento absoluto

Dr: Desplazamiento relativo

Se observa que el Dr no excede al máximo normado del 50%, por lo tanto no se verificara la irregularidad torsional.

- **Fuerza cortante mínima en la base**

La norma E-030 requiere que la fuerza cortante básica obtenida del análisis dinámico no debe ser menor al 80% de la fuerza cortante básica obtenida del análisis estático en condiciones normales, y no debe ser menor al 90% para condiciones irregulares.

Por tanto, es necesario incrementar el esfuerzo cortante para alcanzar el valor mínimo indicado. En la operación, obtenemos el factor de escala como:

Tabla 35

Factor a escalar

Factor a escalar		
Descripción	X-X	Y-Y
V análisis estático (Vd)	344.74	344.74 tn
V análisis dinámico (Vd)	289.30	293.1241 tn
V análisis estático al 80% (Vd80%)	275.79	275.79 tn
Factor a escalar	1.05	1.06

- **Junta de separación sísmica**

La norma de diseño sísmico E.030 establece que debe haber una distancia libre entre estructuras adyacentes para evitar el contacto entre ellas. La distancia libre es:

$$S \Rightarrow 3 \text{ cm.}$$

$S \Rightarrow 2/3$ de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes.

$$S = 3 + 0.004(h-500) ; h: \text{ altura del edificio; } h \text{ y } S \text{ en cm}$$

Una edificación se debe retirar del límite de propiedad por lo menos $2/3$ del desplazamiento máximo del edificio ó $S/2$.

Junta sísmica será de 10cm.

4.2.4. Diseño de concreto

A. Diseño de losa aligerada, maciza, nervada

Área de acero requerido en Nervios de losa Nervada (cm²).

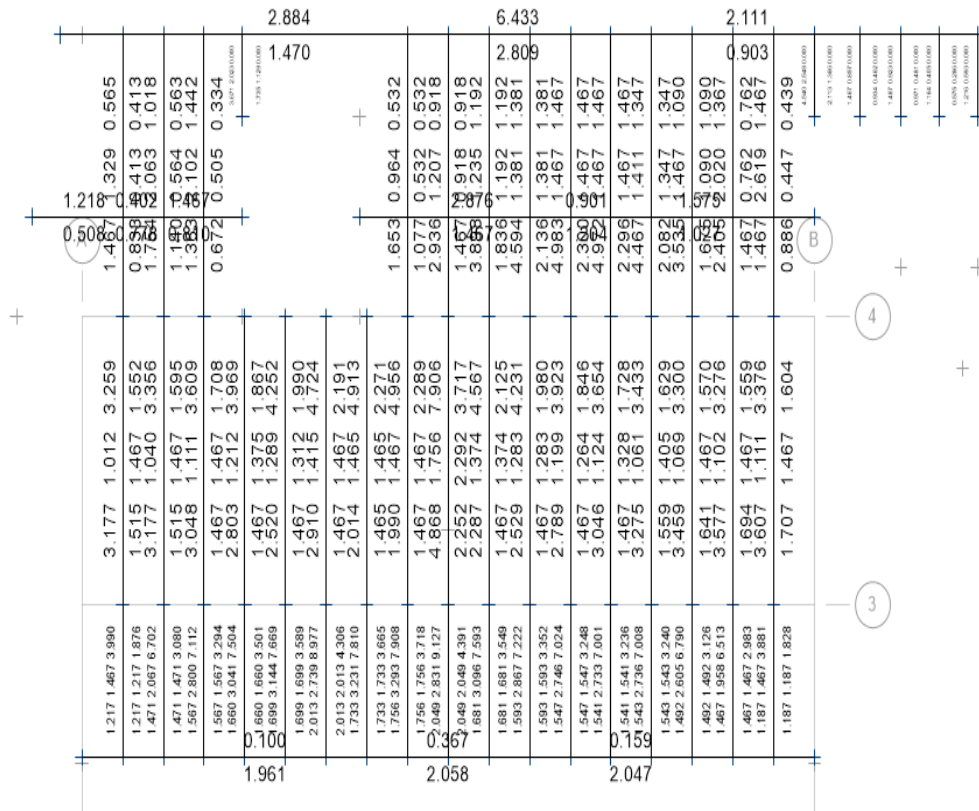


Figura 68. Nervios de losa nervada primer piso.

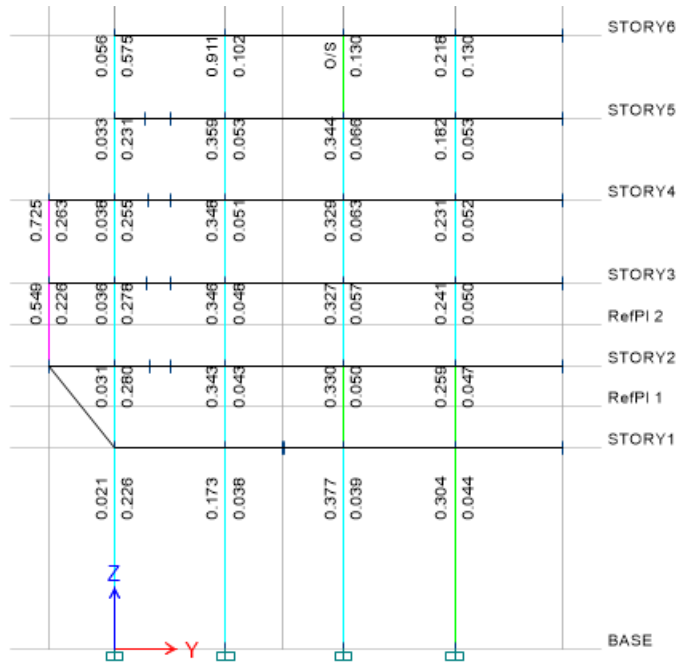


Figura 71. Columna Eje A.

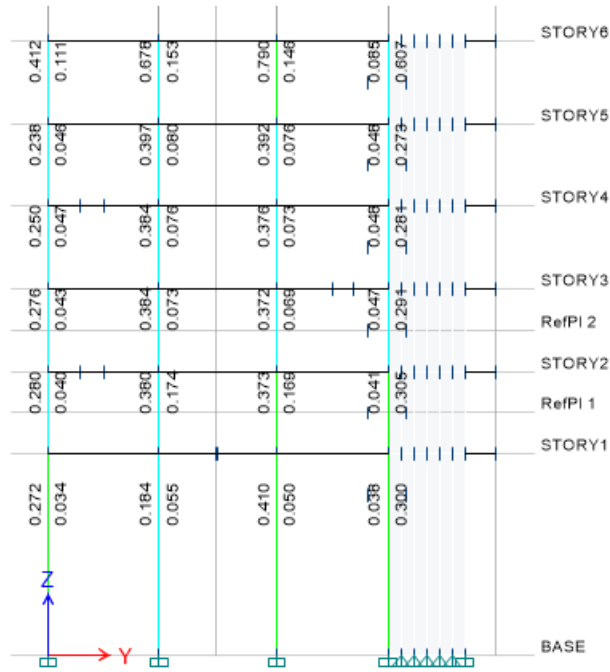


Figura 72. Viga columna Eje B.

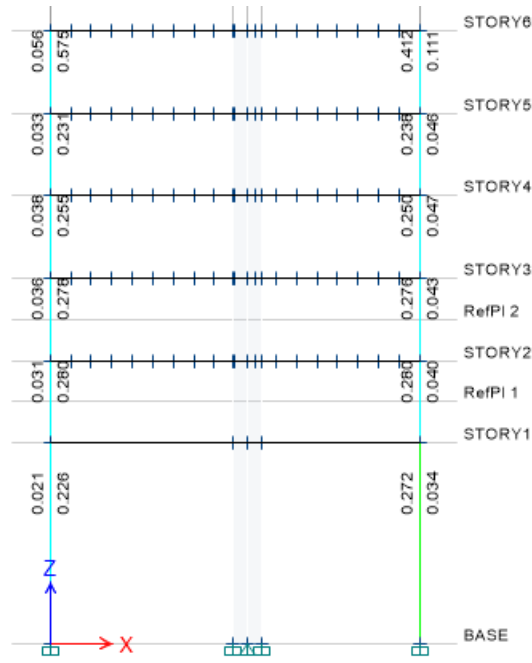


Figura 73. Viga columna Eje 1.

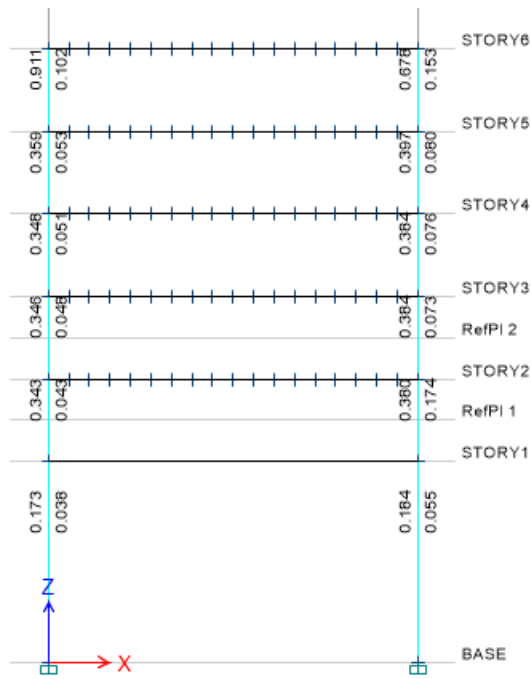


Figura 74. Viga columna Eje 2.

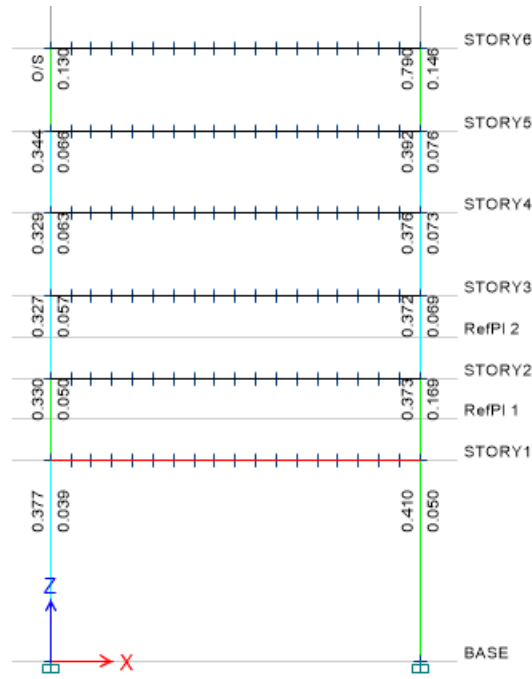


Figura 75. Viga columna Eje 3.

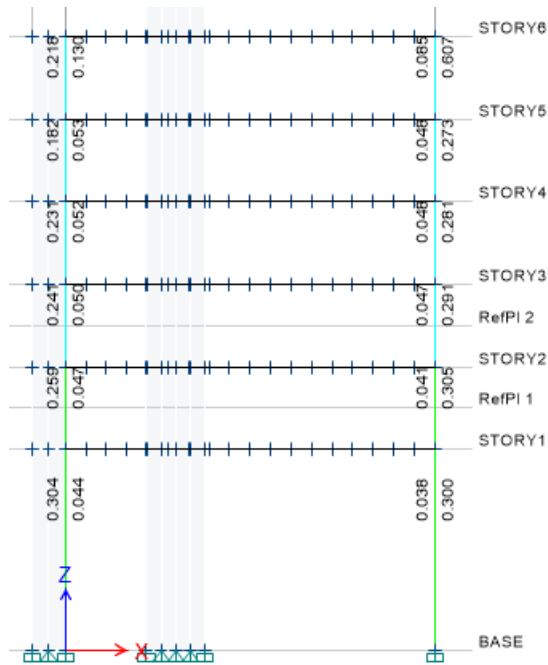


Figura 76. Viga columna Eje 4.

C. Diseño de columnas

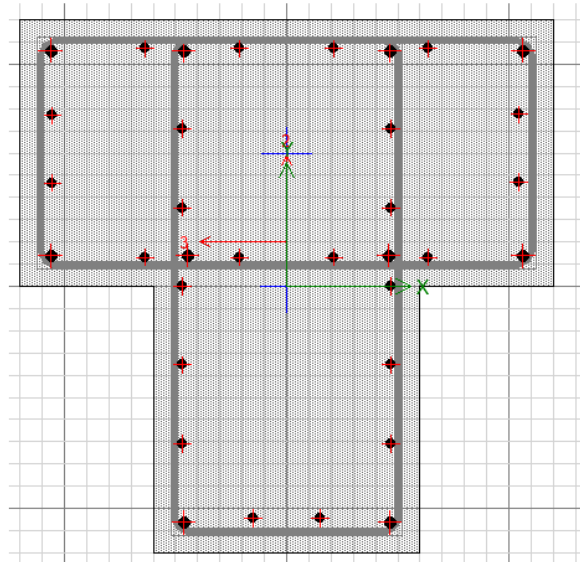


Figura 77. Columna en T 1.00x1.00x0.5m postensado.

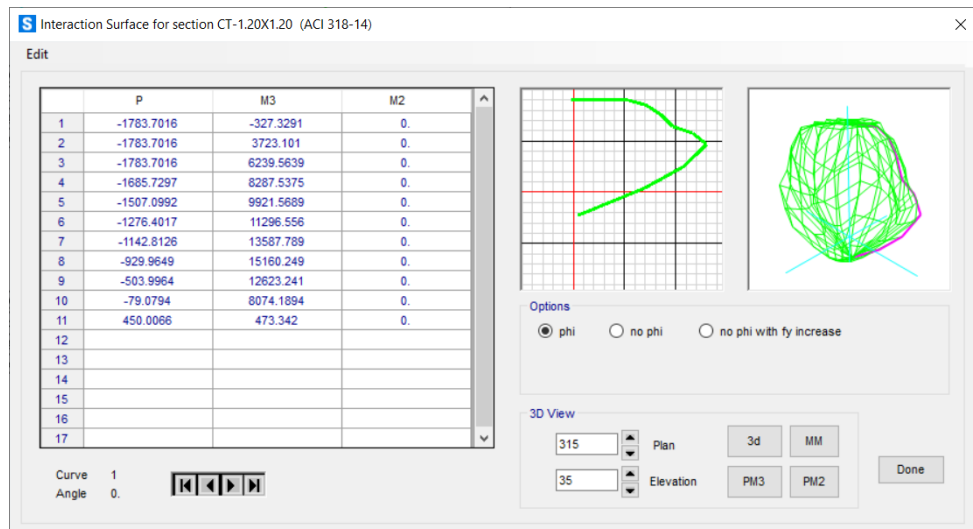


Figura 78. Diagrama de interacción de columna en T con postensado

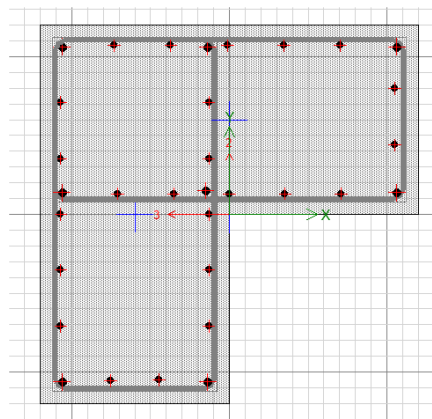


Figura 79. Columna en L 1.00X1.00X0.5m postensado

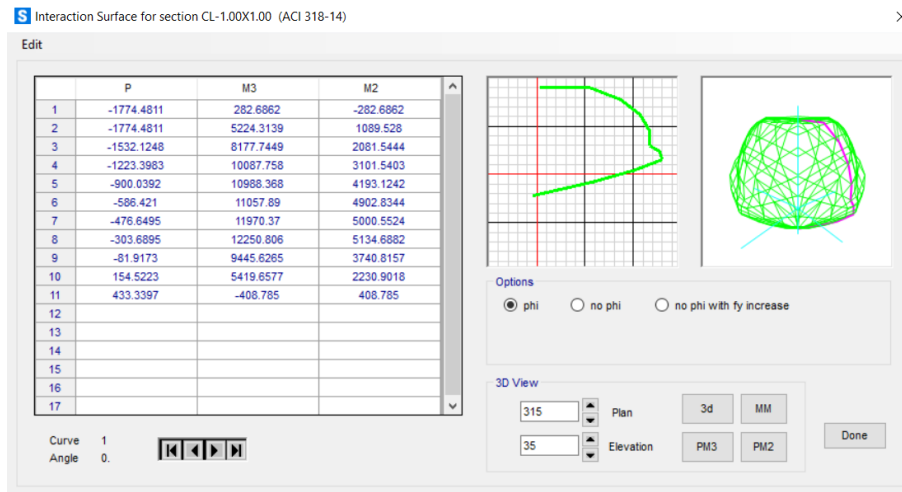


Figura 80. Columna en L diagrama interacción postensado.

4.2.5. Especificaciones

Las especificaciones del diseño estructural simple son:

- El sistema estructural es de tipo dual puesto que está formado tanto de los pórticos y como también de muros estructurales.
- Las columnas se plantearon de tipo L y T para lograr las longitudes de desarrollo de los aceros.
- La luz efectiva de los pórticos principales es de 12.4 ml.
- Las vigas principales son de sección variable en zonas con columna se genera mayores momentos flectores por la luz efectiva que se considera por ello se consideró con mayores dimensiones en los topes con columna.
- El comportamiento de las losas macizas, nervadas no se analizó puesto que no es el objetivo del estudio.

4.3. Costos de concreto postensado y concreto convencional

Los costos de concreto simple y postensado tienen ciertas diferencias, para este análisis se tuvieron los siguientes supuestos:

- a. Se aplicó para una sola planta.
- b. Corresponde a materiales como columnas, vigas, placas y losa.
- c. La viga de concreto postensado tiene 12.4 m de luz y de concreto simple 12.4 m de luz.

En la Tabla 36 y Tabla 37 se muestra los costos parciales y totales según metrado.

Tabla 36

Costo de concreto simple

Concepto	Metrado	U.M.	Costo parcial (S/)	Costo total (S/)
Concreto en columnas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	34.56	m ³	523.24	18083.24
Encofrado y desencofrado de columnas	153.6	m ²	29.78	4573.68
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	5,657.09	Kg	6.17	34896.80
Concreto en placas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	1.2	m ³	438.91	526.69
Encofrado y desencofrado de placas	11.6	Kg	58.04	673.28
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	200.8	Kg	6.17	1238.67
Concreto en vigas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	30.01	m ³	428.36	12855.20
Encofrado y desencofrado de vigas	145.16	m ²	50.43	7320.81
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	5,706.70	Kg	6.17	35202.82
Concreto en ascensor $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	7.92	m ³	428.36	3392.64
Encofrado y desencofrado de ascensor	86.4	m ²	50.43	4357.39
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	750.7	Kg	6.17	4630.83
Concreto en losa maciza $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	32.39	m ³	491.62	15923.44
Encofrado y desencofrado de losa maciza	175.26	m ²	44.97	7881.81
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	1,134.57	Kg	4.85	5498.92
Total				157,056.21

El total de concreto convencional para una estructura aperticada 12.4 m de luz es de S/157,056.21. Los costos del cable postensado fue desarrollado en base al presupuesto de la investigación de Brito (39).

Tabla 37

Costo de concreto postensado

Concepto	Metrado	U. M.	Costo parcial (S/)	Costo total (S/)
Concreto en columnas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	29.6	m ³	523.24	15487.96
Encofrado y desencofrado de columnas	102.4	m ²	50.60	5181.21
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	4,459.78	Kg	6.17	27510.97
Concreto en placas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	1.2	m ³	519.63	623.55
Encofrado y desencofrado de placas	11.6	Kg	49.37	572.64
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	172.8	Kg	6.17	1065.95

Concreto en vigas $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	22.66	m^3	586.02	13279.10
Encofrado y desencofrado de vigas	140.36	m^2	93.82	13168.80
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	5,528.08	Kg	7.51	41502.85
Instalación del sistema postensado	78.12	Kg.	12.08	943.30
Postensado e inyección de lechada	78.12	m	62.50	4882.19
Concreto en ascensor $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	7.92	m^3	523.24	4144.08
Encofrado y desencofrado de ascensor	86.4	m^2	58.70	5071.26
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	750.7	kg	6.14	4610.98
Concreto en losa maciza $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	32.39	m^3	426.56	13816.17
Encofrado y desencofrado de losa maciza	175.26	m^2	44.53	7804.58
Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, grado 60	1,134.57	Kg	6.14	6968.81
Total				166634.39

A diferencia del concreto simple en el concreto postensado se tomó en cuenta el sistema postensado en vigas y su instalación, cuyo valor fue de S/4,882.19 y S/943.30 respectivamente. Sin embargo, el total para un sistema postensado de 12.4m de luz fue de S/166,634.39, valor superior al sistema con concreto simple. Existiendo una diferencia de S/9,578.19; por tanto, el sistema con concreto simple fue más económico.

4.4. Prueba de hipótesis

Las pruebas de hipótesis se realizarán de manera argumentativa y descriptiva tomando en referencia los resultados previamente hallados y analizados. A continuación, se detallan las hipótesis específicas que a su vez sustentarán la hipótesis general.

4.4.1. Prueba de la primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica indica que: Los resultados de la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad conllevan a un uso de materiales más eficientemente que permite el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros.

La resistencia de la estructura aporticada con luz mayor a 12 metros se refiere a la capacidad de sus elementos estructurales para aguantar todo tipo de esfuerzos a los que están sometidos sin que la estructura falle, deforme, colapse, etc. En este sentido, la investigación ha realizado un análisis de cargas muertas y vivas acorde con la Norma de Cargas E.020. Asimismo, la

evaluación de resistencia está enfocada en lograr adecuadas propiedades que permitan el aguante a cargas propias de la estructura y cargas sísmicas. Además, como el concreto es un material frágil, este debe contener una ductilidad adecuada. Es así que, un material es denominado como dúctil a aquel que al sufrir rotura ha tenido grandes deformaciones; esta característica es importante porque da indicios que una estructura podría colapsar. En tal sentido, el concreto postensado permitió lograr una adecuada resistencia, y ductilidad en su proceso de construcción.

En cuanto a la rigidez se refiere a la relación que existe entre la deformación y la tensión aplicada sometidos a un régimen elástico, el concreto postensado al ser un material muy rígido, a diferencia del concreto convencional. Presenta niveles de tensiones más altas; por lo tanto, se caracteriza por tener menos deformaciones. El postensado; además, posee gran control sobre vibraciones y reducción de deflexiones. Esto es gracias a la compresión previa a la que es sometida; lo cual aumenta la rigidez del elemento. También, es gracias al control de deflexiones, que el concreto postensado permite estar dentro los límites aceptables (28). De tal manera, todo el concreto trabaja con mayor efectividad (44).

La ganancia de resistencia, rigidez y ductilidad se da gracias a la configuración de los elementos del postensado, los tendones (tensión) transmiten directamente una gran proporción de la carga muerta hacia las columnas, este hecho hace que las cargas se reduzcan, lo cual aumenta la resistencia de la estructura (44). Aunado a ello, el hormigón que es sometido a tensiones después del fraguado (postensado) se caracteriza por almacenar esfuerzos adicionales de compresión los cuales actúan contrarrestando los esfuerzos de tracción provocados por las cargas, protegiendo a la estructura de agrietamientos y deformaciones.

Todas estas características mencionadas, hacen que el uso de los materiales constructivos sea más eficiente; es decir, se utilicen menor cantidad de ellos y lograr mejores resultados que al usar concreto sin refuerzo. Dicho de otra manera, permite el ahorro de materiales de construcción. Esto también es debido a que las estructuras de las losas son más finas lo que conlleva a menor uso de concreto, el acero empleado tanto en vigas como en columnas se ve

reducido cuando se compara un sistema aporticado con hormigón tradicional. De lo mencionado, se concluye que los resultados hallados en la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad conllevaron a un uso más eficiente de materiales que permitió el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros.

4.4.2. Prueba de la segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis indica que: El análisis sísmico permite mejorar su resistencia en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros. El análisis sísmico del concreto postensado del presente proyecto fue realizado tomando en cuenta lo establecido en la Norma de Diseño Sismorresistente E-030, al cual considera que las edificaciones deben de ser resistentes a sismos leves y no presentar daños; asimismo, en caso se trate de sismos moderados, se debe de considerar la aparición de daños estructurales leves. Y cuando se trate de sismos de mayor magnitud, se tiene la posibilidad remota de que la edificación pueda colapsar. Dentro del diseño sismorresistente de la estructura aporticada con una luz mayor a 12 metros, tuvo como zonificación sísmica la zona 2 cuyo factor $Z(g)$ correspondió a un valor de 0.3. En tal sentido, el análisis sísmico permitió hallar el coeficiente de amplificación sísmica, y de ductilidad, obteniendo un $R_x = 4.50$ y $R_y = 5.25$. Además, se logró hallar los periodos de vibración para cada sentido, la rigidez y centro de masa de cada piso o nivel, la irregularidad torsional. En cuanto a la junta de separación sísmica fue de 10 cm.

Los valores hallados, así como las principales características de la estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, permitieron mejorar su resistencia ya que con el concreto postensado se logra reducir la masa total de la estructura aporticada, lo cual resulta ser muy beneficioso para su aplicación en zonas sísmicas (41). Por otro lado, las estructuras postensadas, al trabajar en conjunto con el resto de elementos verticales y horizontales generan mayor resistencia a las cargas laterales producidas por sismos (45); es decir, hacen que la estructura aporticada logre disipar la actividad sísmica. Esto mismo lo establece Silva, quien menciona que en la experiencia del uso del concreto postensado en áreas con alta humedad y corrosión, y regiones con alta actividad sísmica, ha tenido un buen desempeño. Ya que el minuciosos cálculo, adecuado diseño y

cuidadosa construcción reducen la aparición de fisuras y aseguran una buena resistencia ante cargas laterales (44). En suma, una de las ventajas del concreto postensado es que se disminuyen los efectos de sismo gracias a que su análisis otorga mayor resistencia a la estructura o edificación (28). Con lo mencionado se verifica que la realización de un análisis sísmico es necesario en toda edificación, ya que permite mejorar su resistencia especialmente en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros.

4.4.3. Prueba de la tercera hipótesis específica

La tercera hipótesis indica que: Los costos del concreto postensado son relativamente más bajos en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros.

En el estudio se determinó que el costo del diseño de una estructura aporticada reforzada con postensado con una luz de 12 metros fue de S/166,634.39. Por otro lado, el costo total del sistema aporticado fue de S/157,056.20. En ambos casos los conceptos medidos fueron los mismos (concreto de columnas y vigas, encofrado y desencofrado, concreto en placas, acero en columnas y vigas, etc.), los precios y metrados similares. No obstante, dentro del sistema postendado se consideraron dos conceptos adicionales, la instalación del sistema postensado con un costo de S/943.30, y el postensado e inyección de lechada con un costo de S/4882.19. Este incremento, junto con otros, como el empleo de acero y concreto, hace que en el sistema postensado se invierta S/9578.19 más que en el sistema sin reforzamiento. De lo cual se concluye que existe una diferencia, pero se encuentra avalada en mejores ventajas sísmo resistentes del postensado, menor consumo de materiales y menor tiempo de construcción, lo cual permite que sea una opción mucho más viable, lo cual sustenta su mayor costo.

Este resultado, difiere con lo mencionado por otros autores, como Salinas indica que con el concreto postensado es posible construir estructuras resistentes al sismo, livianas, de concreto armado y sobre todo en menor tiempo y costo (41); esto gracias a que se consume menor cantidad de materiales básicos como mallas, refuerzos y concretos. Asimismo, la utilización de los encofrados metálicos se reduce gracias a un menor plazo en el ciclo constructiva y que las losas tienen la capacidad de resistir cargas desde un inicio (40). Además, en el

postensado el uso de acero es menor que en el sistema tradicional, lo cual logra reducir de manera significativa la cuantía del acero utilizado como refuerzo pasivo o activo en placas y mallas, lo cual genera un ahorro (46). Aunado a ello, la técnica del postensado en losas permite recuperar el encofrado de la losa en su totalidad, y gran parte de los puntuales una vez se haya tensado; esto también genera un ahorro cuando se habla de alquilar sistemas de encofrado (46). Con lo expuesto, se concluye que el uso del concreto postensado representa una solución viable; a pesar de presentar mayores costos que un sistema tradicional al aplicarse en luces de mayor longitud. Por lo tanto, se verifica que los costos del concreto postensado son superiores en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12,4 metros. En conclusión no se comprueba la hipótesis señalada.

4.4.4. Prueba de la hipótesis general

La hipótesis general sostiene que: El uso de concreto postensado permite aumentar su capacidad resistente, y reduce las deformaciones en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.

Una estructura aporticada consta de vigas y columnas conectadas rígidamente con la finalidad de resistir cargas y momentos provenientes de la gravedad y cargas laterales (6). Las columnas de los extremos de estos pórticos soportan cargas laterales de gran tensión, pero de poca fuerza de gravedad. En un concreto simple se logra cumplir estos requerimientos de tensión y gravedad; sin embargo, el concreto postensado tiene la ventaja de aumentar la rigidez del sistema aporticado lo que conllevaría a tener menor deformación y mayor resistencia ante cargas (29). Este concepto el de rigidez, es el que se relaciona con las deformaciones; en tal sentido, si una estructura es más rígida tendría menores posibilidades de deformarse con el tiempo, esta característica es dada por el uso del concreto postensado que a diferencia del concreto simple, presenta niveles de tensiones más alta; por ende, mayor rigidez. El postensado al ser un tipo de concreto presforzado, se caracteriza por la baja ductilidad y resistencia a la tracción que se logra al añadir barras de acero de refuerzo (3). Lo que a su vez aumenta su capacidad de resistencia a cargas, ya sean cargas vivas o muertas, laterales o propias de la estructura. En otras palabras, una diferencia del postensado sobre el pretensado es la ganancia de resistencia una

vez se encuentre fuera del molde; por lo cual, no es necesario obtener altos niveles de resistencia iniciales para que la producción sea óptima (28).

La experiencia indica que con el concreto postensado los cimientos como la estructura aporticada tiene un menor peso (28) lo cual lo hace menos propenso a sufrir de deformaciones por carga. Asimismo, el postensado es considerado como un estado especial de deformaciones y esfuerzos que es inducido a mejorar las propiedades de comportamiento estructural de una estructura aporticada (26). Ya que la aplicación de fuerzas por cables de acero es realizada después del fraguado, se evita su adherencia al concreto, lo cual permite dar mayor tensión al concreto y por tanto existen menos posibilidades de deformación (2) (en el postensado la tensión de la barras de acero se hacen después del fraguado, lo que garantiza mayor resistencia a la ductilidad y tracción (3). Finalmente, los elementos que componen el postensado permiten lograr vanos más largos, construir espacios con menos columnas y sobre todo salvar grandes luces (44). Dentro del análisis de las hipótesis específicas, se concluyó que la utilización del concreto postensado permite tener eficiencia en el uso de materiales como cemento y acero; que, a su vez y gracias a su diseño detallado y minucioso, garantiza su capacidad de resistencia, rigidez, y ductilidad. Por otro lado, con la evaluación de si diseño sismo resistente se logra llegar a los parámetros solicitados por la normativa peruana; además, las experiencias indican que este tipo de concreto son adecuados en zonas de gran actividad sísmica. Esto demostraría que la capacidad de la estructura aporticada sufra de menos deformaciones y tenga mayor resistencia global. En conclusión, el uso de concreto postensado permite aumenta su capacidad resistente, y reduce las deformaciones en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. El hallazgo principal de la investigación fue que, al emplear concreto postensado en la edificación de una estructura aporticada mayor a de 12 metros permite aumentar su capacidad resistente, y reducir las deformaciones. La teoría sobre sistemas aporticados indican que una de sus principales características de su diseño es que las vigas, columnas y losas se complementen a fin de brindar resistencia, rigidez y ductilidad (6). Aunado a ello, el empleo de un sistema de presforzado aumentan dichas características asegurando que las estructuras cumplan con todos los parámetros de seguridad y calidad establecidos (24). En este sentido, al comparar entre el uso de concreto simple, pretensado y postensado; el de mayores ventajas es el postensado, ya que este se caracteriza por permitir construir estructuras sismorresistentes, más rígidas que reducen las deformaciones y de mayor resistencia que garantizan el aguante ante cargas laterales (41).
2. Este resultado general, va acorde con la investigación de Gónzales y Matos (15), cuyo estudio realizado en Lima, llegó a la conclusión que con el concreto postensado es posible lograr la optimización de los registros de calidad para la disminución de fisuras y deflexiones, que a su vez garantiza la reducción de deformaciones y aumenta su resistencia. De similar manera, es similar al trabajo de Soto (18), quien encontró que el concreto postensado presentó menores desplazamientos, que conllevó a tener menores deformaciones permaneciendo en el rango inelástico; además, se halló que la distorsión entre los pisos fue de 1%; esto da entender que, al tener una distorsión menor de los pisos, la estructura global tiene una distorsión menor, gracias a su capacidad de resistir mejor las cargas. Lo mencionado también es confirmado por el trabajo de Ortiz y Vásquez (19).

3. La estructura aporticada en la investigación fue diseñada tomando en cuenta una luz mayor a 12 metros. Dentro de las características de uso del postensado en pórticos, permite tener mayor distanciamiento entre columnas, tal como lo mencionan Flores y Paati (12), quienes concluyeron que, gracias al postensado, en su estructura analizada, se pudo balancear las cargas que actúan en la losa; además de obtener mayores espacios libres, luces más grandes y ahorro en los materiales. Similarmente, Quilumba (11) sostiene que, el desempeño de la losa con postensado resulta eficiente frente a las luces que resulten mayores a 7 metros, se demostró que el peralte es reducido, las losas de manera tradicional usadas están compuestas por un concreto armado. No obstante a todo lo mencionado, en el trabajo de Domínguez y Peña (17), cuyo estudio fue realizado en Trujillo, compararon el concreto postensado y sistema dual, encontrando que ambos sistemas permitieron cumplir los parámetros de la norma peruana en cuanto diseño estructural para resistencia y rigidez (relacionado con la deformación). Y a pesar que ambos sistemas no mostraron rigidez, el sistema dual no presentó irregularidades, concluyendo que el sistema dual tiene un mejor comportamiento. En suma, el uso de concreto postensado a diferencia del concreto simple brinda mayores ventajas entre ellas una mayor capacidad de resistencia de todo el sistema aporticado global y su elaboración y planificación detallada garantiza que haya menor deformaciones gracias a que el tensionado del concreto se realiza después del fraguado, brindando mayor rigidez a la estructura. Continuando con los conceptos de rigidez, resistencia y ductilidad, el estudio encontró que, con la aplicación de la normativa peruana para la construcción de edificaciones, los resultados evaluados en las 3 propiedades mencionadas, conllevaron a un uso de materiales más eficientemente que permitió el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros. La experiencia en construcción de estructuras aporticadas indica que la ganancia de resistencia, rigidez y ductilidad es posible por la configuración de los elementos del postensado (44). Es decir, un hormigón que es sometido a tensiones después del fraguado (postensado) almacena mejor los esfuerzos de tracción, brindando mayor rigidez al sistema y protegiendo a la edificación de deformaciones.
4. Lo hallado en el estudio, es similar a lo encontrado por Flores y Paati (12) quienes sostuvieron que el empleo de la técnica del postensado brinda a los edificios de mayor rigidez gracias a la incorporación de muros de corte, mismos que ayudan a evitar

desplazamientos excesivos que no estén al interior de los límites permisibles por la normativa. Similarmente, Hurtado (13), en su investigación realizada en Quito, Ecuador para el diseño de un pórtico, encontró que el cambio de un sistema de entrecapado de hormigón armado a uno de hormigón postensado no presenta incidencia en la ductilidad de un edificio o sobre el sistema resistente a fuerzas laterales. Es decir, las losas están diseñadas y trabajan para cargas gravitatorias, por ello se requiere definir un sistema resistente de fuerzas laterales de acuerdo a la incidencia sísmica de un área. Es así que, el diseño clásico de un sistema de pórticos no es suficiente para una zona de alta amenaza sísmica, ya que se requiere adaptar el uso de muros de corte y definir de forma adecuada el tipo de pórtico que se va a emplear en el diseño, y optar por la técnica del postensado. Añadiendo, el autor señala que las losas postensadas necesitan de un sistema resistente de fuerzas laterales ya que estas losas son eficientes bajo cargas de servicio y son poco dúctiles ya que los materiales son de resistencia alta. Por su lado, Vergel (14), en su estudio realizado en Colombia, Barranquilla, concluyó que, se pudo optimizar la sección rectangular de las columnas como elementos que aportan a la rigidez lateral para solicitaciones de cargas laterales gracias al uso del postensado, asegurando así su rigidez, ductilidad y resistencia, que a su vez, conllevan a un uso óptimo de materiales, teniendo ahorro en concreto, acero, mano de obra, alquiler de sistemas complementarios; etc. Dicho de otra manera, los materiales son utilizados de una manera más eficiente.

5. Otro objetivo importante dentro de la investigación fue la evaluación del diseño sismorresistente. En el estudio se encontró que la aplicación de un sistema aporticado postensado tiene mayor resistencia a fuerzas sísmicas que un sistema con concreto tradicional. Esto mismo lo mencionó Salinas (41), quien sostiene que es posible tener estructuras de concreto armado que sean resistentes a cargas sísmicas y que sean más livianas, esto aplicando la técnica del postensado. Esto mismo, se encontró en el trabajo de Barrios y Peñafiel (10), autores que encontraron que en el diseño de su sistema aporticado, el corte que tuvieron las vigas y columnas fueron dadas en base a su capacidad de flexión. Asimismo, el otro sistema de muros cortantes, fueron muros llevados a un 80% del corte causado por sismos. Esta consideración beneficia el agotamiento a flexión de estos componentes para que se evite su falla cortante. Por este motivo, la estructura aporticada con muros de corte y postensado resultan

opciones buenas para ejecutar un proyecto que cuenten con un buen comportamiento sísmico. La ganancia de la resistencia a cargas sísmicas se da gracias a la buena tensión de las vigas y columnas, las cuales se parten esta fuerza; es decir, la fuerza sísmica no recae solo en un elemento. Otra ventaja para que la estructura sea sismorresistente es que su peso es menor en comparación con el uso de concreto simple. En la investigación de Salinas (41), encontró que el espesor de las losas (con postensado) fueron 30% menor (que con el concreto simple); y en general, el peso del edificio se calculó entre un 20% y 30% menor. Concluyendo que al reducirse la masa total de la estructura resulta ser muy beneficiosa en las zonas sísmicas.

6. En cuanto a costos, el estudio encontró que los costos del concreto postensado son relativamente más bajos en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros. Esto principalmente tuvo su respaldo en que el presupuesto para una estructura con concreto simple fue de S/157,056, y para un sistema aporticado con postensado fue de S/166,634.39, con un aumento de S/9,578.19. El aumento por parte del sistema postensado se justifica por el uso de mayores recursos, por la instalación del sistema postensado y la inyección de lechada. Este resultado difiere por lo mencionado, según ciertos autores, como Aguilar (9), quien sostiene que los usos de ambos elementos (concreto simple o postensado) generan una solución factible y eficiente para un proyecto en específico: sin embargo, sus diferencias se encuentran en su calidad, propósito, materiales, entre otros que generan importantes ahorros. De similar manera, Otero en su investigación con nombre “Edificaciones en concreto postensado: competitividad en costos”, hecho en Colombia, realizó la comparación económica de dos proyectos, con un sistema de pórticos “tradicionales” y otro en base al postensado; concluyendo que, el plazo de construcción disminuyó de 28 (periodo usual) a 24 días hábiles, para una edificación de 5 pisos; lo cual repercute en los costos indirectos que se relacionan con los proyectos. Además, el uso del hormigón postensado redujo el presupuesto de \$227.997 por m² (sistema tradicional) a 200.237 por m² (sistema postensado), recurriendo a un ahorro de \$27.740 por m² construido. De similar manera, el estudio de Hurado menciona que las ventajas económicas para los sistemas aporticados que emplean hormigón postensado varían según su concepción arquitectónica. En tal caso, si la estructura arquitectónica emplea luces más grandes (como en el caso del presente estudio) los costos son significativos al compararlos con

un hormigón de armado tradicional. En tal sentido, Hurtado evidenció un ahorro del 10% del presupuesto total al utilizar hormigón postensado. De similar manera, menciona que la reducción económica se debe a la disminución del tiempo de construcción; por ende, de la mano de obra asociada. Esto gracias a que el desencofrado de las losas se realiza con mayor rapidez y permite seguir con la edificación del siguiente nivel.

CONCLUSIONES

1. El concreto postensado es un tipo de presfuerzo, que es un método que utiliza cables de acero colocados en ductos (para que no se adhieran al concreto) para generar tensión en el concreto y aumentar su capacidad de carga y propiedades como la capacidad de resistencia, la rigidez y por ende evitar deformaciones. En el trabajo se logró diseñar una estructura aporticada de 12.4 metros de luz y con concreto postensado, de lo cual se encontró que sus principales características fueron: aumento de resistencia, aumento de tensión, rigidez, mejor ductilidad, se puede mencionar que los elementos que componen el hormigón postensado no necesitan de mayor mantenimiento, debido a su gran durabilidad y resistencia mecánica. Además, el postensado permitió construir una estructura de grandes luces (12.4m), esto implica la construcción de vanos más largos y que estén apoyados en pocas columnas.
2. El estudio encontró que los resultados evaluados para resistencia, rigidez y ductilidad permitieron obtener un uso más eficiente de los materiales requeridos, dado que permite reducir la sección de las viga permitiendo conservar la misma resistencia y ductilidad, lo cual permite lograr estructuras más livianas y resistentes, esto porque se emplean menores recursos, y la tensión posterior al fraguado tensionan mejor las vigas, las losas y columnas, reduciendo su capacidad de torsión y deformación. Otra ventaja del postensado es que este sistema emplea de manera eficientes los materiales, ya que ofrece al ingeniero, arquitecto o diseñador una gama amplia de soluciones estructurales para satisfacer las necesidades de un proyecto.
3. El análisis sísmico de la estructura aporticada con una luz mayor a 12,4 metros concluyó que, usar hormigón postensado permitió disminuir el peso propio de los pórticos, con un peso de 254.34 Tn por parte del de la estructura con concreto postensado frente a los 265.30 Tn del concreto convencional, esto resulta ser una gran ventaja estructural para zonas con alta actividad sísmica. Esto se da gracias a que la propia carga sísmica que debe soportar la edificación o la estructura es directamente proporcional a su peso.
4. Con relación a los costos, el hecho de usar concreto postensado resultó en un mayor inversión para la estructura aporticada con 12 metros de luz con un total de S/166,634.39 frente a los S/157,056.21 del sistema con concreto convencional, ya que

se tuvo un aumento de S/9578.19, al tratarse de una técnica que requiere mano de obra calificada, aumentan costos como la de instalación del sistema postensado e inyección de lechada.

RECOMENDACIONES

1. Gracias a la capacidad de resistencia y menor nivel de deformaciones que garantiza el concreto postensado, se recomienda ampliar el uso de esta técnica en las edificaciones de la ciudad de Huancayo, esto con el fin de asegurar mejores estructuras, que cumplan con las exigencias de la normativa peruana, funcionalidad y que sean de calidad.
2. Emplear este sistema cuando se tratan de estructuras con luces mayores a 12 metros, ya que esta técnica dotará de los requerimientos necesarios y exigidos por la obra, tanto en resistencia, rigidez, ductilidad, que, al hacer una buena evaluación de ellos, permite que el uso de materiales sea más eficiente.
3. En zonas con mayores eventos sísmicos, de preferencia, construir estructuras aporticadas con concreto postensado. Ya que el menor peso global, la tensión de las vigas, columnas y menor espesor de las losas de la estructura garantizará que las cargas sísmicas sean equivalentes al peso propio y resistan mejor estos fenómenos.
4. Tomar en cuenta la técnica del postensado en construcciones de edificaciones de gran envergadura, como en edificios de más de 7 u 8 niveles, esto con el fin de reducir sus costos y peso, asociados que al usar concreto armado convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Schinca, Jorge.** *Sistemas constructivos: Hormigón pretensado y postesado.* Uruguay : UDELAR, Facultad de Arquitectura, 2011.
2. **Vejvoda, Miroslav F.** *Post-tensioning vs. prestressing.* New York : Post Tensioning Institute, 2013.
3. *The post-tensioned concrete technique in the work of Eduardo Torroja. The case of the Church of San Nicolás in Gandía.* **Arnau, F., Serrano, Begoña y Fenollosa, Ernesto.** España : Institution of Structural Engineers, 02 de 2020, *Structures* 23, págs. 518-528.
4. **Llopiz, Carlos Ricardo.** *Hormigón armado precomprimido.* Instituto de Mecánica Estructural y Riesgo Sísmico. Mendoza : Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, 2012. pág. 113.
5. **García, Jesús Armando, y otros.** *Concreto presforzado.* Departamento de Ciencias de la Tierra. México : Instituto Tecnológico de Tijuana, 2015.
6. **Aguirre, Raquel Carolina y Zuñiga, Adriana Verónica.** *Análisis comparativo de los sistemas constructivos – aporticado y manoportable empleados en la construcción de conjuntos habitacionales.* Quito : Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Carrera de Ingeniería Civil, 2019.
7. **Londoño, Andrés Felipe.** *Estudio y análisis comparativo entre el método aporticado y mampostería estructural, realizado en la construcción de casas de uno y dos pisos, establecido en la empresa Panorama Grupo Constructor SAS.* Bogotá D.C. : Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil , 2019.
8. **Rodríguez, Daniel, y otros.** *Diseño de un modelo para el pronóstico del deterioro por fatiga de un puente tipo de concreto presforzado.* México : Instituto Mexicano del Transporte, 2014. *Publicación técnica.*
9. **Aguilar, Jorge.** *Análisis y diseño de un edificio de 8 niveles empleando diferentes sistemas de piso: losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas y losas planas de concreto postensado.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2015.
10. **Barros, Liliana y Peñafiel, Mayra.** *Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos.* Quito : Escuela politécnica Nacional, Facultad de ingeniería Civil y Ambiental, 2015.
11. **Quilumba, Marco.** *Análisis y diseño de losa de hormigón armado con elementos postensados.* Ambato : Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2015.
12. **Flores, Miguel y Paati, Dani.** *Análisis comparativo de las respuestas estructurales entre sistemas aporticados de hormigón armado, con losas postensadas y no postensadas.* Quito :

Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, 2019.

13. **Hurtado, José.** *Comparación técnica – económica del entrepiso de un edificio de diez plantas con sistema dual que emplea losas de hormigón armado o de hormigón postensado.* Quito : Escuela politécnica Nacional, Facultad de ingeniería Civil y Ambiental, 2018.
14. **Vergel, W.** *titulado Optimización de estructuras aporticadas, mediante un procedimiento de estructuración enfocado en elementos tipo columna.* Barranquilla : Universidad de la Costa, 2018.
15. **Gonzales, Deisi y Matos, Fiorella.** *Propuesta de mejora en los registros de calidad para el control del proceso constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones.* Lima : Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019.
16. **Mestanza, Jhordy.** *Estudio comparativo del comportamiento sísmico de estructuras de concreto armado,* Lima 2019. Lima : Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela académico profesional de ingeniería civil, 2019.
17. **Domínguez, Cecilia Sadith y Peña, Briseyda.** *Análisis sísmico comparativo por efecto de piso blando entre los sistemas aporticado y dual de una edificación,* Trujillo-La Libertad. Trujillo : Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2019.
18. **Soto, Lucio Fortunato.** *Aplicación del concreto postensado en vigas para mejorar la resistencia estructural de una edificación de 5 niveles en el distrito de Carabayllo,* Lima-2018. Lima : Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2018.
19. **Ortiz, Alixon Mishell y Vásquez, Karen Magaly.** *Diseño de un edificio sostenible con sistema estructural aporticado y su influencia en el impacto ambiental del Asentamiento Humano Laderas del Sur, Nuevo Chimbote -2019.* Chimbote : Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2019.
20. **Leon, Juan.** *Análisis comparativo de un sistema sismo resistente aporticado con y sin disipadores de fluido viscoso.* Huancayo : Universidad Peruana los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019.
21. **Comité europeo de estandarización.** *Eurocode 2: Design of concrete structures.* Bruselas : European Committeé for standardization, 2004.
22. **ANIPPAC.** *Conceptos básicos de diseño de elementos de concreto presforzado y prefabricado.* México : Instituto de Ingeniería UNAM, 2015.
23. **Narayanan, R. S., Wilson, K. R. y Milne, R.** *Manual for the design of reinforced concrete building structures to EC2. s.l. : The Institution of Structural Engineers, 2000.*

24. **Torroja, Eduardo.** *Filosofía de estructuras. Tercera.* Berkeley : University of California Press, 2005.
25. **Ayala, Juan Hegel.** *Diseño de elementos prefabricados. s.l. : SEPSA, 2009.*
26. **Corven, John y Moreton, Alan.** *Post-tensioning tendon installation and grouting manual. USA : Federal Highway Administration, 2013.*
27. **Palacios, Luz Adriana.** *Concreto pretensado postensado y prefabricados. s.l. : Acdemia, 2013.*
28. **Meza, Lorena Esperanza.** *Aspectos fundamentales del concreto presforzado. Managua : Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Recinto Universitario Ruben Dario, Facultad de Ciencias E Ingeniería, 2015.*
29. **Lumucso, Jay-Ar.** *Post tensioning / pretensioning. Minnesota : International Concrete Repais Institute, 2015.*
30. **MVCS.** *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 0.30. Lima : Ministerio de Vivienda, 2016.*
31. **Ladera.** *Análisis y diseño estructural comparativo entre el sistema aporticado y albañilería confinada de una vivienda multifamiliar en el barrio de San Carlos. Huancayo : Universidad Continental, 2019.*
32. *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado .* **Blanco, A.** 2011, PRINCELINNESS EIRL.
33. **Morales, R.** *Diseño en Concreto Armado. Lima : ICG, 2006.*
34. **Delgado, Genaro.** *Costos y presupuestos en edificaciones. Lima : Universidad José Carlos Mariategui, 2005.*
35. **MVCS.** *Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas. Dirección Nacional de Construcción, Viceministerio de Construcción y Saneamiento. Lima : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011. Norma Técnica.*
36. **Quevedo, Elena.** *Metrados en edificaciones. s.l. : CACP Perú.*
37. **Quispe, Norbertt.** *Metrados para obras de concreto armado. [En línea] 08 de 2014. [Citado el: 02 de 11 de 2020.] <https://civilyedaro.files.wordpress.com/2014/08/6ta-clase-construcciones-ii.pdf>.*
38. **Castro, Benardino.** *Cálculo de metrados para obras de edificación. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 2011.*
39. **Brito, Renato Gregor.** *Control y seguimiento de los procesos constructivos aplicados a losa flotante y losa postensada para un Edificio empresarial de oficinas, ubicado en la ciudad de Lima. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017.*

40. *Edificaciones en concreto postensado: "competitividad en costos".* **Otero, Adriano.** 96, s.l. : NOTICRETO, 09 de 2009, NOTICRETO, págs. 26-34.
41. **Universidad de Lima.** *Universidad de Lima. Postensado: estructuras más livianas, resistentes y económicas.* [En línea] 22 de 05 de 2015. [Citado el: 03 de 11 de 2020.] <https://www.ulima.edu.pe/pregrado/arquitectura/noticias/postensado-estructuras-mas-livianas-resistentes-y-economicas>.
42. **MVCS.** *Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060 Concreto Armado.* Lima : Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, 2009.
43. —. *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.* Lima : Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2018.
44. **Silva, Omar Javier.** *Características más relevantes del concreto postensado.* 360 en concreto. [En línea] 11 de 02 de 2020. [Citado el: 11 de 06 de 2020.] <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/caracteristicas-mas-relevantes-del-concreto-postensado>.
45. **González, Alejandro Sebastián y Herbozo, Luis Fernando.** *Propuesta de peralte de losas postensadas como parte del sistema lateral para edificios altos con núcleo.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Programa Académico de Ingeniería Civil, 2019.
46. *Postensados, solución para estructuras complejas.* **Costos.** 294, Colombia : Costos Ing., 31 de 08 de 2018, Revista Costos Edición, págs. 22-27.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES		METODOLOGÍA
			VARIABLES	DIMENSIONES	
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el resultado de análisis de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>a) ¿Cuáles son los resultados de la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros?</p> <p>b) ¿Cuál es el resultado de la evaluación del análisis sísmico en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros?</p> <p>c) ¿A cuánto asciende los costos de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar el uso de concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Determinar los resultados de la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, Huancayo 2020.</p> <p>b) Realizar el análisis sísmico en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, Huancayo 2020.</p> <p>c) Cuantificar los costos del concreto postensado en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El uso de concreto postensado permite aumentar su capacidad resistente, y reduce las deformaciones en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>a) Los resultados de la evaluación de la resistencia, rigidez y ductilidad conllevan a un uso de materiales más eficientemente que permite el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, Huancayo 2020.</p> <p>b) El análisis sísmico permite mejorar su resistencia en el diseño de una estructura aporticada con luz mayor a 12 metros, Huancayo 2020.</p> <p>c) Los costos de concreto postensado permiten un aumento en la vida útil en el diseño de una estructura aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo 2020.</p>	<p>A) Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concreto postensado <p>B) Variables dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estructuras aporticadas 	<p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento en condiciones de servicio • Resistencia, rigidez, ductilidad • Diseño sísmico • Análisis sísmico • Vigas sísmicas • Vigas no sísmicas • Columnas • Escaleras 	<p>1) Método General:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Científico <p>2) Tipo de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicada <p>3) Nivel de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descriptivo explicativo. <p>4) Diseño:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuasi experimental <p>5) Población y muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conformado por los diseños de estructuras aporticadas con concreto estructural simple y con concreto postensado. <p>6) Instrumentos de recolección de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis documental. • Observación experimental.

ANEXO 3

Metrado

Metrado Estructura Convencional

Planilla de Metrados (Estructuras)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	UBICACIÓN	CANT	LARGO	ANCHO	ALTO	PARC	TOTAL	UND	
01	"ESTRUCTURAS"										
01.01	OBRAS DE CONCRETO ARMADO										
01.01.01	COLUMNA										
01.01.01.01	Concreto en columnas F'c=210 Kg/cm2								34.56	M3	
	MODULO 01	1º PISO									
		C-1	EJE 1-1 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	area cad	1.08	4.00	8.64			
			EJE 4-4 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	area cad	1.08	4.00	8.64			
		C-2	EJE 2-2	2.00	area cad	1.08	4.00	8.64			
			EJE 3-3	2.00	area cad	1.08	4.00	8.64			
01.01.01.02	Encofrado y desencofrado de columnas								153.60	M2	
	MODULO 01	1º PISO									
		C-1	EJE 1-1 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	Perimetro cad	4.80	4.00	38.40			
			EJE 4-4 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	Perimetro cad	4.80	4.00	38.40			
		C-2	EJE 2-2	2.00	Perimetro cad	4.80	4.00	38.40			
			EJE 3-3	2.00	Perimetro cad	4.80	4.00	38.40			
01.01.01.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								5,657.09	KG
01.01.02	PLACAS										

01.01.02.01	Concreto en Placas F'c=210 Kg/cm2									1.20	M3
	MODULO 01	1° PISO									
		placa 01	EJE 1-1		1.00	1.20	0.25	4.00	1.20		
01.01.02.02	Encofrado y desencofrado de Placas									11.60	M2
	MODULO 01	1° PISO									
		placa 01			1.00	perim cad	2.90	4.00	11.60		
01.01.02.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								200.80	KG
01.01.03	VIGAS										
01.01.03.01	Concreto en vigas Principales F'c=210 Kg/cm2									30.01	M3
	MODULO 01	1° PISO									
		VP1 :100	EJE 1-1	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.60	6.74		
		VP1: 101	EJE 2-2	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.60	6.74		
		VP1 :102	EJE 3-3	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.60	6.74		
		VP1 :103	EJE 4-4	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.60	6.74		
		VA1: 100	EJE A-A	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30	0.50	1.53		
		VA1: 101	EJE C-C	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30	0.50	1.53		
01.01.03.02	Encofrado y desencofrado de vigas Principales									145.16	M2
	MODULO 01	1° PISO									
		VP1 :100	EJE 1-1	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		
		fondo	EJE 1-1	tramo a-c	1.00	12.00	0.60		7.20		
		VP1: 101	EJE 2-2	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		
		fondo	EJE 2-2	tramo a-c	1.00	12.00	0.60		7.20		
		VP1 :102	EJE 3-3	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		
		fondo	EJE 3-3	tramo a-c	1.00	12.00	0.60		7.20		

		VP1 :103	EJE 4-4	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		
		fondo	EJE 4-4	tramo a-c	1.00	12.00	0.60		7.20		
		VA1: 100	EJE A-A	tramo 1-3	2.00	10.20		0.50	10.20		
		fondo	EJE A-A	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30		3.06		
		VA1: 101	EJE C-C	tramo 1-3	2.00	10.20		0.50	10.20		
		fondo	EJE C-C	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30		3.06		
01.01.03.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								5,706.70	KG
01.01.04	ASCENSOR										
01.01.04.01	Concreto en Ascensor F'c = 210Kg/cm2									7.92	M3
		ASCENSOR									
		placa			1.00	area cad	1.90	4.00	7.60		
		placa			1.00	0.40	0.20	4.00	0.32		
01.01.04.02	Encofrado y desencofrado en ascensor	ASCENSOR								86.40	M2
		placa			1.00	20.40		4.00	81.60		
		placa			1.00	1.20		4.00	4.80		
01.01.04.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								750.70	KG
01.01.05	LOSA MACIZA										
01.01.05.01	Concreto en losas Maciza F'c = 210Kg/cm2									32.39	M3
		1º PISO									
		MÓDULO 1 EN GENERAL			1.00	area cad	215.96	0.15	32.39		
01.01.05.02	Encofrado y desencofrado de losa Maciza									175.26	M2
		1º PISO									
		MÓDULO 1			1.00	perimetro	58.80	0.15	8.82		
		MESA DE PARTE			1.00	area cad	22.16		22.16		

	HALL PRINCIPAL			1.00	area cad	30.00		30.00			
	NUMERACION			1.00	area cad	14.38		14.38			
	CABINAS DE INTERNET			1.00	area cad	30.28		30.28			
	BIENESTAR SOCIAL			1.00	area cad	21.45		21.45			
	TÓPICO+ESPERA			1.00	area cad	17.95		17.95			
	SS.HH			1.00	area cad	2.10		2.10			
	SALA DE ESPERA + PASADIZO			1.00	area cad	28.12		28.12			
01.01.05.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS							1,134.57	KG	

Planilla de Metrados Acero Vigas (Estructuras)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONGITUD PARCIAL (ML)	CANTIDAD DE ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.03.03	ACERO FY= 4200KG/CM2 / GRADO 60											
	1º PISO											
	MODULO 01											
	VP 1: 100-103 EJE 1-1, 4-4											
		EJE 1-1, 4-4										
		TRAMO A-B										
		Acero superior	Ø 3/4"	15.38	8.00	2.00		246.08				
		refuerzo	Ø 5/8"	5.21	2.00	2.00			20.84			
		refuerzo	Ø 5/8"	15.74	3.00	2.00			94.44			
		refuerzo	Ø 5/8"	15.00	3.00	2.00			90.00			
		Acero inferior	Ø 3/4"	16.34	8.00	2.00		261.44				
		Estribos										

			Ø 1/2"	5.80	5.00	4.00				116.00		
			Ø 1/2"	5.72	10.00	4.00				228.80		
			Ø 1/2"	5.40	5.00	4.00				108.00		
			Ø 1/2"	5.16	12.00	4.00				247.68		
			Ø 1/2"	4.40	16.00	2.00				140.80		
	VP 1: 101-102 EJE 2-2, 3-3											
		EJE 3-3										
		TRAMO A -B										
		Acero superior	Ø 3/4"	15.45	8.00	2.00		247.20				
		refuerzo	Ø 1"	3.53	12.00	2.00	84.72					
		refuerzo	Ø 3/4"	3.53	2.00	2.00		14.12				
		refuerzo	Ø 5/8"	12.47	3.00	2.00			74.82			
		refuerzo	Ø 5/8"	13.15	3.00	2.00			78.90			
		Acero inferior	Ø 3/4"	16.35	8.00	2.00		261.60				
		Estribos										
			Ø 1/2"	5.80	5.00	4.00				116.00		
			Ø 1/2"	5.72	10.00	4.00				228.80		
			Ø 1/2"	5.40	5.00	4.00				108.00		
			Ø 1/2"	5.16	12.00	4.00				247.68		
			Ø 1/2"	4.40	16.00	2.00				140.80		
	VA1: 100 EJE A-A											
		EJE A-A										

		TRAMO 1-2, 2-3, 3-4, 4-5										
		Acero superior	Ø 5/8"	23.11	3.00	1.00			69.33			
		refuerzo	Ø 3/8"	22.39	2.00	1.00					44.78	
		Acero inferior	Ø 5/8"	7.03	3.00	1.00			21.09			
		Acero inferior	Ø 5/8"	15.75	3.00	1.00			47.25			
		Acero inferior	Ø 5/8"	4.58	3.00	1.00			13.74			
		Estribos										
			Ø 3/8"	1.60	82.00	1.00					131.20	
			Ø 3/8"	1.50	47.00	1.00					70.50	
	VA1: 101 EJE C-C											
		EJE C-C										
		TRAMO 1-2, 2-3, 3-4, 4-5										
		Acero superior	Ø 5/8"	15.66	3.00	1.00			46.98			
		Acero superior	Ø 3/4"	4.40	2.00	1.00		8.80				
		refuerzo	Ø 3/8"	14.90	2.00	1.00					29.80	
		refuerzo	Ø 5/8"	2.35	2.00	1.00			4.70			
		refuerzo	Ø 5/8"	1.26	2.00	1.00			2.52			
		refuerzo	Ø 3/4"	2.07	2.00	1.00		4.14				
		refuerzo	Ø 3/4"	2.58	2.00	1.00		5.16				
		Acero inferior	Ø 5/8"	15.75	3.00	1.00			47.25			
		Acero inferior	Ø 5/8"	4.42	2.00	1.00			8.84			
		Acero inferior	Ø 5/8"	3.97	2.00	1.00			7.94			

		Acero inferior	Ø 3/4"	4.54	2.00	1.00		9.08			
		Estribos									
			Ø 3/8"	1.60	82.00	1.00					131.20
			Ø 3/8"	2.10	13.00	1.00					27.30

TOTAL (ML)	84.72	1,057.62	628.64	1,682.56	434.78	-
TOTAL (KG)	4.04	2.26	1.60	1.02	0.58	-
	342.27	2,390.22	1,005.82	1,716.21	252.17	-
	5,706.70					

Planilla de Metrados Acero Columnas (Estructuras)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONG PARCIAL	CANT ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.01.03	ACERO FY=4200KG/CM2 GRADO 60											
		1º PISO										
	MODULO 01	TIPO C-1										
		COLUMNA C-1	TIPO									
		EJE 1-A, 1-C, 4-A, 4-C										
			Ø 1"	4.00	8.00	4.00	128.00					
			Ø 3/4"	4.00	24.00	4.00		384.00				
		ESTRIBOS	Ø 5/8"	12.20	18.00	4.00			878.40			
		TIPO C-2										
		COLUMNA C-1	TIPO									
		EJE 2-A, 3-A, 2-C, 3-C										

			Ø 1"	4.00	10.00	4.00	160.00					
			Ø 3/4"	4.00	24.00	4.00		384.00				
		ESTRIBOS	Ø 5/8"	11.74	18.00	4.00			845.28			

TOTAL (ML)	288.00	768.00	1,723.68	-	-	-
TOTAL (KG)	4.04	2.26	1.60			
	1,163.52	1,735.68	2,757.89	-	-	-
5,657.09						

Planilla de Metrados Acero en Placa (Estructuras)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONG PARCIAL	CANT ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.02.03	ACERO FY=4200KG/CM2 GRADO 60											
	PLACA 01											
	1º PISO											
			Ø 5/8"	4.00	10.00	1.00			40.00			
		ESTRIBOS	Ø 5/8"	4.75	18.00	1.00			85.50			

TOTAL (ML)	-	-	125.50	-	-	-
TOTAL (KG)	4.04	2.26	1.60	1.02	0.58	0.25
	-	-	200.80	-	-	-
200.80						

Planilla de Metrados Acero Maciza (Estructuras)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONGITUD PARCIAL (ML)	CANTIDAD DE ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.05.03	ACERO FY=4200KG/CM2,GRADO 60											
	PRIMER PISO											
		acero inferior horizontal	Ø 3/8"	13.80	71.00	1.00					979.80	
		acero inferior vertical	Ø 3/8"	14.15	69.00	1.00					976.35	

TOTAL (ML)	-	-	-	-	1,956.15	-
TOTAL (KG)	-	-	-	-	1,134.57	-
	1,134.57					

Metrado Estructura Postensada

Planilla De Metrados (Estructuras)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	UBICACIÓN	CANT	LARGO	ANCHO	ALTO	PARC	TOTAL	UND	
01	"ESTRUCTURAS"										
01.01	<u>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</u>										
01.01.01	COLUMNA										
01.01.01.01	Concreto en columnas F ^c =210 Kg/cm ²								29.60	M3	
	MODULO 01	1º PISO									
		C-1	EJE 1-1 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	area cad	0.80	4.00	6.40			
			EJE 4-4 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	area cad	0.80	4.00	6.40			
		C-2	EJE 2-2	2.00	area cad	0.80	4.00	6.40			
			EJE 3-3	2.00	area cad	0.80	4.00	6.40			
01.01.01.02	Encofrado y desencofrado de columnas								102.40	M2	
	MODULO 01	1º PISO									
		C-1	EJE 1-1 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	Perimetro cad	3.20	4.00	25.60			
			EJE 4-4 ENTRE EJES A-A Y C-C	2.00	Perimetro cad	3.20	4.00	25.60			
		C-2	EJE 2-2	2.00	Perimetro cad	3.20	4.00	25.60			
			EJE 3-3	2.00	Perimetro cad	3.20	4.00	25.60			
01.01.01.03	Acero F _y =4,200KG/CM ² , Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								4,459.78	KG
01.01.02	PLACAS										
01.01.02.01	Concreto en Placas F ^c =210 Kg/cm ²								1.20	M3	

	MODULO 01	1º PISO									
		placa 01	EJE 1-1		1.00	1.20	0.25	4.00	1.20		
01.01.02.02	Encofrado y desencofrado de Placas									11.60	M2
	MODULO 01	1º PISO									
		placa 01			1.00	perim cad	2.90	4.00	11.60		
01.01.02.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								172.80	KG
01.01.03	VIGAS										
01.01.03.01	Concreto en vigas Principales F _c =210 Kg/cm ²									22.66	M3
	MODULO 01	1º PISO									
		VP1 :100	EJE 1-1	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.45	5.05		
		VP1: 101	EJE 2-2	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.45	5.05		
		VP1 :102	EJE 3-3	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.45	5.05		
		VP1 :103	EJE 4-4	tramo a-c	1.00	area cad	11.23	0.45	5.05		
		VA1: 100	EJE A-A	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30	0.40	1.22		
		VA1: 101	EJE C-C	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30	0.40	1.22		
01.01.03.02	Encofrado y desencofrado de vigas Principales									140.36	M2
	MODULO 01	1º PISO									
		VP1 :100	EJE 1-1	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		
		fondo	EJE 1-1	tramo a-c	1.00	12.00	0.50		6.00		
		VP1: 101	EJE 2-2	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		
		fondo	EJE 2-2	tramo a-c	1.00	12.00	0.50		6.00		
		VP1 :102	EJE 3-3	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46		

		fondo	EJE 3-3	tramo a-c	1.00	12.00	0.50		6.00			
		VP1 :103	EJE 4-4	tramo a-c	2.00	area cad	11.23		22.46			
		fondo	EJE 4-4	tramo a-c	1.00	12.00	0.50		6.00			
		VA1: 100	EJE A-A	tramo 1-3	2.00	10.20		0.50	10.20			
		fondo	EJE A-A	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30		3.06			
		VA1: 101	EJE C-C	tramo 1-3	2.00	10.20		0.50	10.20			
		fondo	EJE C-C	tramo 1-3	1.00	10.20	0.30		3.06			
01.01.03.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								5,528.08	KG	
01.01.03.04	Sistema postensado en vigas									78.12	ML	
	MODULO 01	1° PISO										
		VP1 :100	EJE 1-1	tramo a-c	1.00	12.40	FACTOR	1.05	13.02			
		VP1: 101	EJE 2-2	tramo a-c	1.00	12.40	FACTOR	1.05	13.02			
		VP1 :102	EJE 3-3	tramo a-c	1.00	12.40	FACTOR	1.05	13.02			
		VP1 :103	EJE 4-4	tramo a-c	1.00	12.40	FACTOR	1.05	13.02			
		VA1: 100	EJE A-A	tramo 1-3	1.00	12.40	FACTOR	1.05	13.02			
		VA1: 101	EJE C-C	tramo 1-3	1.00	12.40	FACTOR	1.05	13.02			
01.01.04	ASCENSOR											
01.01.04.01	Concreto en Ascensor F'c = 210Kg/cm2									7.92	M3	
		ASCENSOR										
		placa			1.00	area cad	1.90	4.00	7.60			
		placa			1.00	0.40	0.20	4.00	0.32			
01.01.04.02	Encofrado y desencofrado en ascensor	ASCENSOR									86.40	M2

		placa		1.00	20.40		4.00	81.60			
		placa		1.00	1.20		4.00	4.80			
01.01.04.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								750.70	KG
01.01.05	LOSA MACIZA										
01.01.05.01	Concreto en losas Maciza F'c = 210Kg/cm2								32.39	M3	
		1º PISO									
	MÓDULO 1 EN GENERAL			1.00	area cad	215.96	0.15	32.39			
01.01.05.02	Encofrado y desencofrado de losa Maciza								175.26	M2	
		1º PISO									
	MÓDULO 1			1.00	perimetro	58.80	0.15	8.82			
	MESA DE PARTE			1.00	area cad	22.16		22.16			
	HALL PRINCIPAL			1.00	area cad	30.00		30.00			
	NUMERACION			1.00	area cad	14.38		14.38			
	CABINAS DE INTERNET			1.00	area cad	30.28		30.28			
	BIENESTAR SOCIAL			1.00	area cad	21.45		21.45			
	TÓPICO+ESPERA			1.00	area cad	17.95		17.95			
	SS.HH			1.00	area cad	2.10		2.10			
	SALA DE ESPERA + PASADIZO			1.00	area cad	28.12		28.12			
01.01.05.03	AceroFY=4,200KG/CM2, Grado 60	VER CUADRO DE METRADOS								1,134.57	KG

METRADOS ACERO VIGAS (ESTRUCTURAS)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONGITUD PARCIAL (ML)	CANTIDAD DE ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.03.03	ACERO FY= 4200KG/CM2 / GRADO 60											
	1° PISO											
	MODULO 01											
	VP 1: 100-103 EJE 1-1, 4-4											
		EJE 1-1, 4-4										
		TRAMO A-B										
		Acero superior	Ø 3/4"	15.38	8.00	2.00		246.08				
		refuerzo	Ø 5/8"	5.21	2.00	2.00			20.84			
		refuerzo	Ø 5/8"	15.74	3.00	2.00			94.44			
		refuerzo	Ø 5/8"	15.00	3.00	2.00			90.00			
		Acero inferior	Ø 3/4"	16.34	8.00	2.00		261.44				
		Estribos										
			Ø 1/2"	5.80	5.00	3.00				87.00		
			Ø 1/2"	5.72	10.00	3.00				171.60		
			Ø 1/2"	5.40	5.00	3.00				81.00		
			Ø 1/2"	5.16	12.00	3.00				185.76		
			Ø 1/2"	4.40	16.00	2.00				140.80		
	VP 1: 101-102 EJE 2-2, 3-3											
		EJE 3-3										
		TRAMO A -B										
		Acero superior	Ø 3/4"	15.45	8.00	2.00		247.20				
		refuerzo	Ø 1"	3.53	12.00	2.00	84.72					
		refuerzo	Ø 3/4"	3.53	2.00	2.00		14.12				
		refuerzo	Ø 5/8"	12.47	3.00	2.00			74.82			
		refuerzo	Ø 5/8"	13.15	3.00	2.00			78.90			

		Acero inferior	Ø 3/4"	16.35	8.00	2.00		261.60			
		Estribos									
			Ø 1/2"	5.80	5.00	4.00				116.00	
			Ø 1/2"	5.72	10.00	4.00				228.80	
			Ø 1/2"	5.40	5.00	4.00				108.00	
			Ø 1/2"	5.16	12.00	4.00				247.68	
			Ø 1/2"	4.40	16.00	2.00				140.80	
	VA1: 100 EJE A-A										
		EJE A-A									
		TRAMO 1-2, 2-3, 3-4, 4-5									
		Acero superior	Ø 5/8"	23.11	3.00	1.00			69.33		
		refuerzo	Ø 3/8"	22.39	2.00	1.00				44.78	
		Acero inferior	Ø 5/8"	7.03	3.00	1.00			21.09		
		Acero inferior	Ø 5/8"	15.75	3.00	1.00			47.25		
		Acero inferior	Ø 5/8"	4.58	3.00	1.00			13.74		
		Estribos									
			Ø 3/8"	1.60	82.00	1.00				131.20	
			Ø 3/8"	1.50	47.00	1.00				70.50	
	VA1: 101 EJE C-C										
		EJE C-C									
		TRAMO 1-2, 2-3, 3-4, 4-5									
		Acero superior	Ø 5/8"	15.66	3.00	1.00			46.98		
		Acero superior	Ø 3/4"	4.40	2.00	1.00		8.80			
		refuerzo	Ø 3/8"	14.90	2.00	1.00				29.80	
		refuerzo	Ø 5/8"	2.35	2.00	1.00			4.70		
		refuerzo	Ø 5/8"	1.26	2.00	1.00			2.52		
		refuerzo	Ø 3/4"	2.07	2.00	1.00		4.14			
		refuerzo	Ø 3/4"	2.58	2.00	1.00		5.16			
		Acero inferior	Ø 5/8"	15.75	3.00	1.00			47.25		
		Acero inferior	Ø 5/8"	4.42	2.00	1.00			8.84		
		Acero inferior	Ø 5/8"	3.97	2.00	1.00			7.94		
		Acero inferior	Ø 3/4"	4.54	2.00	1.00		9.08			
		Estribos									

			Ø 3/8"	1.60	82.00	1.00					131.20	
			Ø 3/8"	2.10	13.00	1.00					27.30	

TOTAL (ML)	84.72	1,057.62	628.64	1,507.44	434.78	-
TOTAL (KG)	4.04	2.26	1.60	1.02	0.58	0.25
	342.27	2,390.22	1,005.82	1,537.59	252.17	-
	5,528.08					

PLANILLA DE METRADOS ACERO COLUMNAS

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONG PARCIAL	CANT ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.01.03	ACERO FY=4200KG/CM2 GRADO 60											
		1º PISO										
	MODULO 01	TIPO C-1										
		COLUMNA C-1	TIPO									
		EJE 1-A, 1-C, 4-A, 4-C										
			Ø 1"	4.00	8.00	4.00	128.00					
			Ø 3/4"	4.00	16.00	4.00		256.00				
		ESTRIBOS	Ø 5/8"	12.20	12.00	4.00			585.60			
		TIPO C-2										
		COLUMNA C-1	TIPO									
		EJE 2-A, 3-A, 2-C, 3-C										
			Ø 1"	4.00	10.00	4.00	160.00					
			Ø 3/4"	4.00	16.00	4.00		256.00				
		ESTRIBOS	Ø 5/8"	11.74	16.00	4.00			751.36			

TOTAL (ML)	288.00	512.00	1,336.96	-	-	-
TOTAL (KG)	4.04	2.26	1.60			
	1,163.52	1,157.12	2,139.14	-	-	-

4,459.78

PLANILLA DE METRADOS ACERO EN PLAC DE ASCENSOR (ESTRUCTURAS)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONG PARCIAL	CANT ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.04.03	ACERO FY=4200KG/CM2 GRADO 60											
	placa											
	PLACA	ASCENSOR	TIPO									
			Ø 5/8"	4.00	40.00	1.00			160.00			
			Ø 1/2"	17.00	21.00	1.00				357.00		
			Ø 1/2"	4.00	32.00	1.00				128.00		

TOTAL (ML)	-	-	160.00	485.00	-	-
TOTAL (KG)	4	1.60	1.02	-	-	
	-	-	256.00	494.70	-	-
	750.70					

PLANILLA DE METRADOS ACERO EN PLACA (ESTRUCTURAS)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONG PARCIAL	CANT ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.02.03	ACERO FY=4200KG/CM2 GRADO 60											
	PLACA 01											
	1º PISO											
			Ø 5/8"	4.00	8.00	1.00			32.00			

		ESTRIBOS	Ø 5/8"	4.75	16.00	1.00				76.00			
						TOTAL (ML)	-	-		108.00	-	-	-
						TOTAL (KG)				1.60			
							-	-		172.80	-	-	-
										172.80			

PLANILLA DE METRADOS ACERO MACIZA (ESTRUCTURAS)

ITEM	PARTIDA	DESCRIPCION	TIPO Ø	LONGITUD PARCIAL (ML)	CANTIDAD DE ELEMENTOS	Nº DE VECES	Ø 1"	Ø 3/4"	Ø 5/8"	Ø 1/2"	Ø 3/8"	Ø 1/4"
01.01.05.03	ACERO FY=4200KG/CM2,GRADO 60											
	PRIMER PISO											
		acero inferior horizontal	Ø 3/8"	13.80	71.00	1.00					979.80	
		acero inferior vertical	Ø 3/8"	14.15	69.00	1.00					976.35	
						TOTAL (ML)	-	-	-	-	1,956.15	-
						TOTAL (KG)					0.58	
							-	-	-	-	1,134.57	-

ANEXO 4

Análisis de precios unitarios

Concreto convencional

01.01.01.01		CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 KG/CM2					18,08 3.24
m3/DIA	MO.	10.000 0	EQ.	10.000 0	Metrado en: m3		
						34.56	
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	10	8.00	14.62	116.96		
OPERARIO	hh	2	1.60	22.41	35.86		
OFICIAL	hh	2	1.60	17.44	27.90		
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84		
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51		
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%M O		5.0000	180.72	9.04		
Total						523.24	

01.01.01.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS					4,573. 68
m2/DIA	MO.	25.000 0	EQ.	25.000 0	Metrado en: m2		
						153.60	
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.03	14.62	0.47		
OPERARIO	hh	1	0.32	22.41	7.17		
OFICIAL	hh	1	0.32	17.44	5.58		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.3000	4.51	1.35		
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1700	4.51	0.77		
MADERA TORNILLO	p2		4.2000	3.28	13.78		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%M O		5.0000	13.22	0.66		
Total						29.78	

01.01.01.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60					34,89 6.80
kg/DIA	MO.	250.00 00	EQ.	250.00 00	Metrado en: kg		
						5,657.09	
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05		
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72		
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56		
Materiales							

ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27	
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.32	0.07	
Total					6.17	

01.01.02.01		CONCRETO EN PLACAS F'C=210 KG/CM2				
m3/DIA	MO.	18.0000	EQ.	18.0000	Metrado en: m3	526.69
					1.20	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	10	4.44	14.62	64.98	
OPERARIO	hh	2	0.89	22.41	19.92	
OFICIAL	hh	2	0.89	17.44	15.50	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84	
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51	
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	100.40	5.02	
Total					438.91	

01.01.02.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS				
m2/DIA	MO.	8.0000	EQ.	8.0000	Metrado en: m2	673.28
					11.60	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.10	14.62	1.46	
OPERARIO	hh	1	1.00	22.41	22.41	
OFICIAL	hh	1	1.00	17.44	17.44	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2000	4.51	0.90	
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1800	4.51	0.81	
MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADOS	p2		3.7000	3.50	12.95	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	41.31	2.07	
Total					58.04	

01.01.02.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60				
kg/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Metrado en: kg	1,238.67
					200.80	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05	

OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72	
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27	
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.32	0.07	
Total					6.17	

01.01.03.01		CONCRETO EN VIGAS F'C=210 KG/CM2					
m3/DIA	MO.	20.0000		EQ.	20.0000	Metrado en: m3	12,855.20
						30.01	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	10	4.00	14.62	58.48		
OPERARIO	hh	2	0.80	22.41	17.93		
OFICIAL	hh	2	0.80	17.44	13.95		
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84		
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51		
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	90.36	4.52		
Total					428.36		

01.01.03.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS					
m2/DIA	MO.	14.0000		EQ.	14.0000	Metrado en: m2	7,320.81
						145.16	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.06	14.62	0.84		
OPERARIO	hh	1	0.57	22.41	12.81		
OFICIAL	hh	1	0.57	17.44	9.97		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2100	4.51	0.95		
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2400	4.51	1.08		
MADERA TORNILLO	p2		7.2000	3.28	23.62		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	23.61	1.18		
Total					50.43		

01.01.03.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60					
kg/DIA	MO.	250.0000		EQ.	250.0000	Metrado en: kg	35,202.82
						5,706.70	

Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56
Materiales					
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51
Equipos					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.32	0.07
Total					6.17

01.01.04.01		CONCRETO EN ASCENSOR F'C=210KG/CM2				
m3/DIA	MO.	20.000 0	EQ.	20.000 0	Metrado en: m3	3,392.64
					7.92	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	10	4.00	14.62	58.48	
OPERARIO	hh	2	0.80	22.41	17.93	
OFICIAL	hh	2	0.80	17.44	13.95	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84	
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51	
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	90.36	4.52	
Total					428.36	

01.01.04.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ASCENSOR				
m2/DIA	MO.	14.000 0	EQ.	14.000 0	Metrado en: m2	4,357.39
					86.40	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.06	14.62	0.84	
OPERARIO	hh	1	0.57	22.41	12.81	
OFICIAL	hh	1	0.57	17.44	9.97	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2100	4.51	0.95	
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2400	4.51	1.08	
MADERA TORNILLO	p2		7.2000	3.28	23.62	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	23.61	1.18	
Total					50.43	

01.01.04.03	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60
-------------	--

kg/DIA	MO.	250.00 00		EQ.	250.00 00	Metrado en: kg	4,630. 83
						750.70	
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa		Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1		0.00	14.62	0.05	
OPERARIO	hh	1		0.03	22.41	0.72	
OFICIAL	hh	1		0.03	17.44	0.56	
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg			0.0600	4.51	0.27	
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg			1.0000	4.51	4.51	
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%M O			5.0000	1.32	0.07	
Total						6.17	

01.01.05.01		CONCRETO EN LOSA MACIZA F'C=210 KG/CM2					
m3/DIA	MO.	12.000 0		EQ.	12.000 0	Metrado en: m3	15,92 3.44
						32.39	
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa		Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
PEÓN	hh	10		6.67	14.62	97.47	
OPERARIO	hh	2		1.33	22.41	29.88	
OFICIAL	hh	2		1.33	17.44	23.25	
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3			0.8000	114.80	91.84	
ARENA GRUESA	m3			0.5000	114.80	57.40	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL			9.7300	18.86	183.51	
AGUA	m3			0.1800	4.10	0.74	
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%M O			5.0000	150.60	7.53	
Total						491.62	

01.01.05.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA					
m2/DIA	MO.	15.000 0		EQ.	15.000 0	Metrado en: m2	7,881. 81
						175.26	
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa		Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1		0.05	14.62	0.78	
OPERARIO	hh	1		0.53	22.41	11.95	
OFICIAL	hh	1		0.53	17.44	9.30	
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg			0.1000	4.51	0.45	
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg			0.1400	4.51	0.63	
MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADOS	p2			5.9300	3.50	20.76	
Equipos							

HERRAMIENTAS MANUALES	%M O		5.0000	22.03	1.10	
Total					44.97	

01.01.05.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60					5,498. 92
kg/DIA	MO.	250.00 00	EQ.	250.00 00	Metrado en: kg		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadr illa	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05		
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72		
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%M O		5.0000	1.32	0.07		
Total					4.85		

TOTAL DE LOS MATERIALES	157,056.21
------------------------------------	-------------------

Concreto postensado

01.01.01.01		CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 KG/CM2				15,487.96
m3/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m3	
					29.60	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	10	8.00	14.62	116.96	
OPERARIO	hh	2	1.60	22.41	35.86	
OFICIAL	hh	2	1.60	17.44	27.90	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84	
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51	
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	180.72	9.04	
Total					523.24	

01.01.01.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS				5,181.21
m2/DIA	MO.	10.0000	EQ.	6.0000	Metrado en: m2	
					102.40	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.08	14.62	1.17	
OPERARIO	hh	1	0.80	22.41	17.93	
OFICIAL	hh	1	0.80	17.44	13.95	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.3000	4.51	1.35	
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1700	4.51	0.77	
MADERA TORNILLO	p2		4.2000	3.28	13.78	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	33.05	1.65	
Total					50.60	

01.01.01.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60				27,510.97
kg/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Metrado en: kg	
					4,459.78	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05	
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72	
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27	
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51	
Equipos						

HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.32	0.07	
Total					6.17	

01.01.02.01		CONCRETO EN PLACAS F'C=210 KG/CM2					623.55
m3/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m3		
					1.20		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	10	8.00	14.62	116.96		
OPERARIO	hh	2	1.60	22.41	35.86		
OFICIAL	hh	2	1.60	17.44	27.90		
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84		
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51		
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	180.72	5.42		
Total					519.63		

01.01.02.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS					572.64
m2/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m2		
					11.60		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.08	14.62	1.17		
OPERARIO	hh	1	0.80	22.41	17.93		
OFICIAL	hh	1	0.80	17.44	13.95		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2000	4.51	0.90		
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1800	4.51	0.81		
MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADOS	p2		3.7000	3.50	12.95		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	33.05	1.65		
Total					49.37		

01.01.02.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60					1,065.95
kg/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Metrado en: kg		
					172.80		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05		
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72		
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51		

Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.32	0.07	
Total					6.17	

01.01.03.01		CONCRETO EN VIGAS F'C=210 KG/CM2					
m3/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m3	13,279. 10	
					22.66		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	10	8.00	14.62	116.96		
OPERARIO	hh	3	2.40	22.41	53.78		
OFICIAL	hh	5	4.00	17.44	69.76		
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84		
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51		
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	240.50	12.03		
Total					586.02		

01.01.03.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS					
m2/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m2	13,168. 80	
					140.36		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.08	14.62	1.17		
OPERARIO	hh	2	1.60	22.41	35.86		
OFICIAL	hh	2	1.60	17.44	27.90		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2100	4.51	0.95		
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2400	4.51	1.08		
MADERA TORNILLO	p2		7.2000	3.28	23.62		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	64.93	3.25		
Total					93.82		

01.01.03.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60					
kg/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Metrado en: kg	41,502. 85	
					5,528.08		
Descripción Recurso	Unid ad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05		
OPERARIO	hh	2	0.06	22.41	1.43		
OFICIAL	hh	2	0.06	17.44	1.12		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27		

ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.60	0.13	
Total					7.51	

01.01.03.04		INSTALACION DEL SISTEMA POSTENSADO				
m/DIA	MO.	25.0000	EQ.	25.0000	Metrado en: m	943.30
					78.12	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos						
INSTALACION DEL SISTEMA POSTENSADO	ML		1.0500	11.50	12.08	
Total					12.08	

Fuente: Brito, R. (2017) en su tesis titulado "Control y seguimiento de los procesos constructivos aplicados a losa flotante y losa postensada para un Edificio empresarial de oficinas, ubicado en la ciudad de Lima". Pontificia Universidad Católica del Perú,

01.01.03.05		POSTENSADO E INYECCION DE LECHADA				
m/DIA	MO.	25.0000	EQ.	25.0000	Metrado en: m	4,882.19
					78.12	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Materiales						
SERVICIO DE POSTENSADO Y INYECCIÓN DE LECHADA, INCLUYE CABLES Y MATERIALES.	ML		1.0500	59.52	62.50	
Total					62.50	

Fuente: Brito, R. (2017) en su tesis titulado "Control y seguimiento de los procesos constructivos aplicados a losa flotante y losa postensada para un Edificio empresarial de oficinas, ubicado en la ciudad de Lima". Pontificia Universidad Católica del Perú,

01.01.04.01		CONCRETO EN ASCENSOR F'C=210KG/CM2				
m3/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m3	4,144.08
					7.92	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	10	8.00	14.62	116.96	
OPERARIO	hh	2	1.60	22.41	35.86	
OFICIAL	hh	2	1.60	17.44	27.90	
Materiales						
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84	
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51	
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	180.72	9.04	
Total					523.24	

01.01.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ASCENSOR				
--------------------	---	--	--	--	--

m2/DIA	MO.	10.0000	EQ.	10.0000	Metrado en: m2	5,071.26
					86.40	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.08	14.62	1.17	
OPERARIO	hh	1	0.80	22.41	17.93	
OFICIAL	hh	1	0.80	17.44	13.95	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		0.2100	4.51	0.95	
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2400	4.51	1.08	
MADERA TORNILLO	p2		7.2000	3.28	23.62	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	33.05	1.65	
Total					58.70	

01.01.04.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60					4,610.98
kg/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Metrado en: kg		
					750.70		
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05		
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72		
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56		
Materiales							
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27		
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.32	0.04		
Total					6.14		

01.01.05.01		CONCRETO EN LOSA MACIZA F'C=210 KG/CM2					13,816.17
m3/DIA	MO.	20.0000	EQ.	20.0000	Metrado en: m3		
					32.39		
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de obra							
PEÓN	hh	10	4.00	14.62	58.48		
OPERARIO	hh	2	0.80	22.41	17.93		
OFICIAL	hh	2	0.80	17.44	13.95		
Materiales							
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	114.80	91.84		
ARENA GRUESA	m3		0.5000	114.80	57.40		
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		9.7300	18.86	183.51		
AGUA	m3		0.1800	4.10	0.74		
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	90.36	2.71		
Total					426.56		

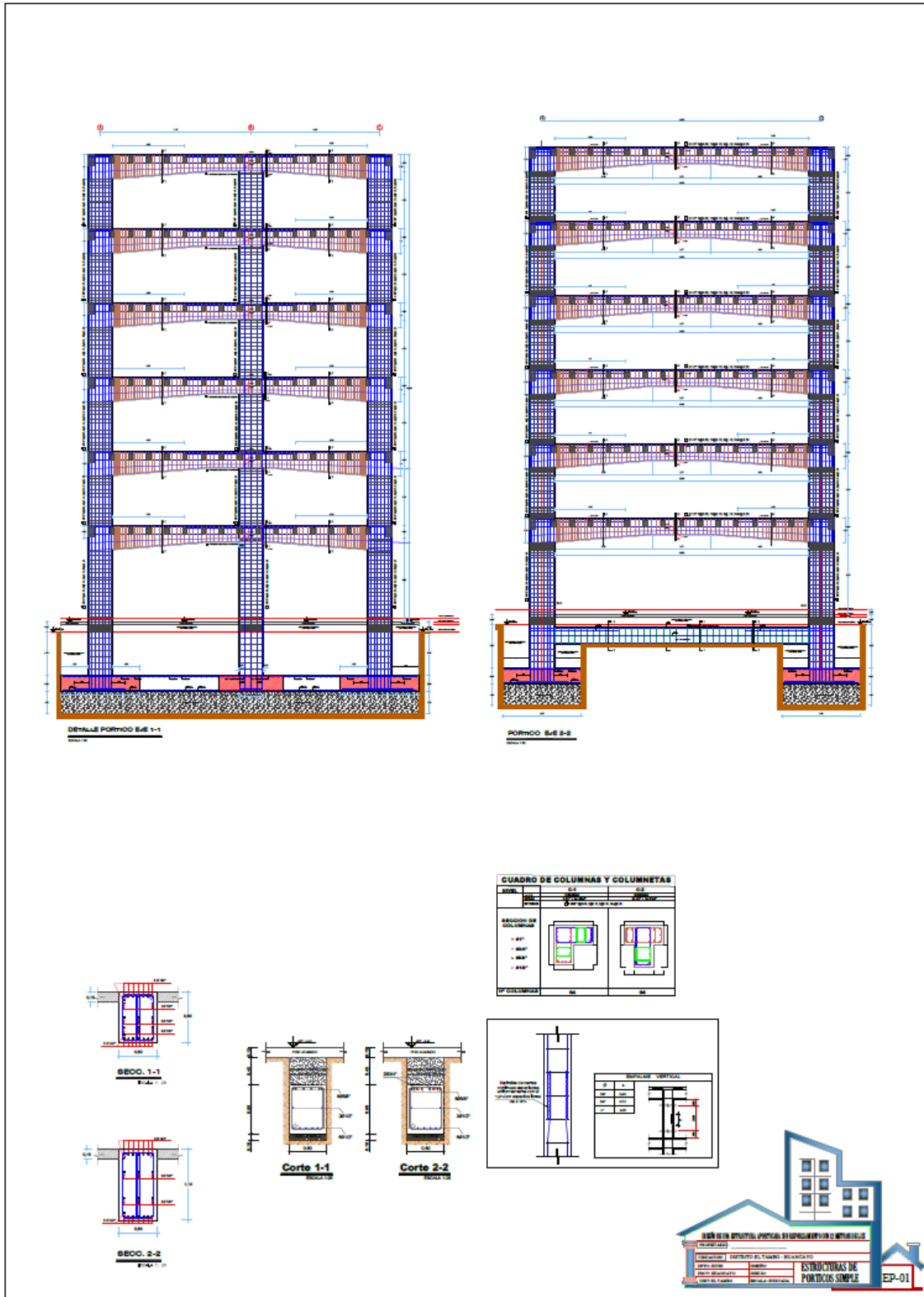
01.01.05.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA				7,804.58
m2/DIA	MO.	15.0000	EQ.	15.0000	Metrado en: m2	
					175.26	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.05	14.62	0.78	
OPERARIO	hh	1	0.53	22.41	11.95	
OFICIAL	hh	1	0.53	17.44	9.30	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.1000	4.51	0.45	
CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		0.1400	4.51	0.63	
MADERA TORNILLO INC. CORTE P/ENCOFRADOS	p2		5.9300	3.50	20.76	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	22.03	0.66	
Total					44.53	

01.01.05.03		ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60				6,968.81
kg/DIA	MO.	250.0000	EQ.	250.0000	Metrado en: kg	
					1,134.57	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
PEÓN	hh	0.1	0.00	14.62	0.05	
OPERARIO	hh	1	0.03	22.41	0.72	
OFICIAL	hh	1	0.03	17.44	0.56	
Materiales						
ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.0600	4.51	0.27	
ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	kg		1.0000	4.51	4.51	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.32	0.04	
Total					6.14	

TOTAL DE LOS MATERIALES	166,634.39
--------------------------------	-------------------

ANEXO 4
PLANOS

Plano estructural simple



Plano estructural con concreto postensado

