

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO,
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE
UN CENTRO CULTURAL DE TRES NIVELES UBICADO EN
LA PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA**



**PRESENTADA POR
JUAN WHITMAN OBLITAS TERRONES**

**ASESORES
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ
2022**



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO,
PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN
CENTRO CULTURAL DE TRES NIVELES UBICADO EN LA
PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

OBLITAS TERRONES, JUAN WHITMAN

LIMA – PERÚ

2022

La presente investigación va dedicada a Dios por guiarme en este camino a lograr mis sueños y por cuidar de mi familia, a mis padres por ser mi ejemplo a seguir y enseñarme a realizar cada cosa con pasión y perseverancia; a mi familia en general por inspirarme e impulsar a cumplir mis metas.

Agradezco a Dios por darme salud en todo este trayecto de mi vida y permitir alcanzar mis objetivos, a mis padres por el apoyo en toda mi formación personal; de manera especial agradecer al Ing. Panagiotis Athineos y a la Arq. Ety Chucchucan, por el apoyo incondicional en la realización de este proyecto que será de gran utilidad para distintos profesionales. También agradecer a cada ingeniero que fue parte de mi formación profesional en todos estos años, compartiendo sus experiencias y conocimientos.

RESUMEN

En las últimas dos décadas, en el Perú, exactamente en la capital, se ha realizado la ejecución de edificaciones con el uso de concreto postensado debido a la exigencia que demandaba su forma arquitectónica o sus espacios de luz libre. Esto ha llevado a que en el Centro Cultural de la provincia de Cutervo se desarrolle la utilización de losas postensadas como solución a sus necesidades.

La investigación tiene como objetivo diseñar losas postensadas con el sistema no adherido, para la optimización del diseño estructural del Centro Cultural ubicado en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

El objetivo de estudio necesita un diseño de investigación para analizar la veracidad de sus hipótesis o para aportar evidencias; se utilizará en el tema de investigación un diseño no experimental transversal ya que se realizará la investigación sin manipular exageradamente las variables, evaluando el comportamiento estructural de las losas postensadas siguiendo los parámetros normativos.

Se realizó el levantamiento topográfico del terreno, la obtención de planos arquitectónicos, predimensionamiento, planos estructurales y recopilación de información bibliográfica relacionada con el estudio. Se realizó el diseño de las losas postensadas con la ayuda del programa ADAPT Builder para el modelado de las estructuras, seguido del análisis estructural de cada losa postensada con el método de elementos finitos, realizando sus comprobaciones tanto por flexión y punzonamiento.

Como resultado, se identificó que la utilización de losas postensadas en el Centro Cultural trae un mejor comportamiento estructural al equilibrar sus cargas con cables de presfuerzo; menor utilización de elementos verticales, menor peralte de losa, en algunos casos no se ha tenido la necesidad de usar vigas y por ende también se genera una reducción de costos de aplicación de hasta 5.35%.

Palabras clave: optimización, preesfuerzo, losas postensadas, luces libres, comportamiento estructural, costo de aplicación.

ABSTRACT

In the last two decades, in Peru, exactly in the capital, the execution of buildings with the use of post-tensioned concrete has been carried out due to the requirement demanded by its architectural form or its free light spaces. This has led the Cultural Center of the Cutervo province to develop the use of post-tensioned slabs as a solution to their needs.

The objective of the research is to design post-tensioned slabs with the non-adhered system, for the optimization of the structural design of the Cultural Center located in the province of Cutervo, department of Cajamarca.

The study objective needs a research design to analyze the veracity of its hypotheses or to provide evidence; A non-experimental cross-sectional design will be used in the research topic since the research will be carried out without excessively manipulating the variables, evaluating the structural behavior of the post-tensioned slabs following the normative parameters.

The topographic survey of the land was carried out, obtaining architectural plans, pre-dimensioning, structural plans and compilation of bibliographic information related to the study. The design of the post-tensioned slabs was carried out with the help of the ADAPT Builder program for modeling the structures, followed by the structural analysis of each post-tensioned slab with the finite element method, carrying out its checks for both bending and punching.

As a result, it was identified that the use of post-tensioned slabs in the Cultural Center brings better structural behavior by balancing their loads with prestress cables; less use of vertical elements, less slab depth, in some cases there has been no need to use beams and therefore a reduction in application costs of up to 19.79% is also generated.

Keywords: optimization, prestress, post-tensioned slabs, free spans, structural behavior, application cost.

NOMBRE DEL TRABAJO

LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEM
A NO ADHERIDO, PARA LA OPTIMIZACI
ÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN C
ENT

AUTOR

JUAN WHITMAN OBLITAS TERRONES

RECUENTO DE PALABRAS

27612 Words

RECUENTO DE CARACTERES

143656 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

167 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

16.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 2, 2023 11:34 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 2, 2023 11:38 AM GMT-5**● 16% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Biblioteca FIA

Patricia Rodríguez Toledo
Bibliotecóloga

INTRODUCCIÓN

Las losas postensadas con el sistema no adherido es una técnica de diseño utilizado en todo el mundo desde hace ya varias décadas, sin embargo, en el Perú es poco conocida a pesar de que se viene siendo aplicada en las últimas 2 décadas por ciertas empresas especializadas, dichas aplicaciones de losas postensadas han sido prácticamente centralizadas en el país debido al poco conocimiento de esta técnica.

Las restricciones que suelen darse en las edificaciones con diseños estructurales de concreto armado, es que limita en las configuraciones irregulares, y dificulta la ejecución de elementos esbeltos entre columnas y voladizos de luces libres amplias. Estas necesidades, al darle una solución mediante el concreto postensado, ayudan a un mejor funcionamiento de los espacios y obliga a la estructura ajustarse a la arquitectura, así mismo la necesidad de tener espacios libres por el mismo hecho de ser un centro cultural donde incluye un teatro, beneficia y ahorra un gran tratamiento acústico.

Una de las desventajas de la utilización de losas postensadas es probablemente el elevado costo de aplicación en viviendas con luces libres cortas, siendo esta técnica no recomendable su aplicación en este tipo de edificaciones; otra de las desventajas que puede traer este tipo de diseño es que al no tener tanta demanda sus tendones no son comunes como el acero de refuerzo, siendo así complicado de obtener en el instante; estos cables deben ser solicitados con anticipación a empresas dedicadas a su fabricación y con su debida certificación.

Para edificaciones de gran magnitud la utilización de losas con concreto postensado genera un gran beneficio, tanto estructural como económico, ya que al tener entre columnas luces libres grandes, el concreto postensado genera un menor peralte de losa, por lo tanto, el volumen de concreto será menor en comparación a losas tradicionales.

Por todo lo antes mencionado se optó por utilizar losas postensadas en el diseño estructural de un Centro Cultural en la provincia de Cutervo, teniendo en cuenta que está ubicado dicho proyecto en una zona alejada en comparación con otros

proyectos que han empleado dicha técnica; tenemos como objetivos en esta investigación las siguientes:

El modelamiento y análisis, de losas postensadas con el sistema no adherido, utilizando el método de elementos finitos con el uso del software ADAPT Builder 2015 en el diseño estructural del Centro Cultural

El comportamiento al utilizar losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño de columnas de concreto armado, analizando su comportamiento frente a cortantes.

Comparación técnica y económica de las losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño estructural del Centro Cultural de tres niveles tanto a corto y largo plazo tomando en cuenta el costo promedio de una edificación con losas de concreto armado.

Para el desarrollo de este estudio en principio se realizaron entrevistas a profesionales especializados en estructuras y concreto presforzado, realizando cuestionarios debidamente estructurados a 10 profesionales.

Este estudio es de gran importancia ya que no se ha realizado ningún tipo de propuesta de gran magnitud en la provincia de Cutervo como este centro cultural el cual busca generar un impacto positivo y pueda tener un alcance en toda la región de los beneficios de la ingeniería civil.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:

En el Capítulo I se realizó la situación problemática y formulación del problema general y específicos, además de los objetivos, importancia, viabilidad e impacto.

En el Capítulo II se habla de los antecedentes tanto internacionales como nacionales, las bases teóricas y la definición de términos.

En el Capítulo III se define el diseño de investigación, la población y muestra; se especifica los instrumentos que se emplearon, se detalla el procedimiento de la investigación, la operacionalidad de variables y las hipótesis tanto generales como específicas.

En el Capítulo IV se explica el desarrollo de la investigación, realizando el predimensionamiento, modelamiento y diseño de la estructura, específicamente en el cálculo del uso de los tendones para el postensado.

En el Capítulo V se dan los resultados obtenidos del diseño estructural, tanto del levantamiento topográfico, de las losas y de la estructura en general.

En el Capítulo VI se da la discusión de las hipótesis y otros estudios de antecedentes internacionales y nacionales.

Finalmente se menciona sus respectivas conclusiones y recomendaciones analizadas a partir de los resultados obtenidos y de los objetivos de dicho estudio.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE GRÁFICOS	xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Definición del Problema	3
1.3. Formulación del Problema	4
1.3.1. Problema Principal	
1.3.2. Problemas Específicos	5
1.4. Objetivo General y Específicos	
1.4.1. Objetivo General	
1.4.2. Objetivos Específicos	
1.5. Importancia de la Investigación	6
1.5.1. Importancia Social	
1.5.2. Importancia Teórica	
1.5.3. Importancia Práctica	7
1.6. Limitaciones de la Investigación	
1.7. Viabilidad de la Investigación	8
1.7.1. Viabilidad Técnica	
1.7.2. Viabilidad Económica	

	Página
1.7.3. Viabilidad Social	
1.8. Impacto de la Investigación	9
1.8.1. Impacto Teórico	
1.8.2. Impacto Práctico	
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la Investigación	10
2.1.1. Antecedentes Internacionales	
2.1.2. Antecedentes Nacionales	13
2.2. Bases Teóricas	16
2.2.1. Concreto Presforzado.	
2.2.2. Sistema Pretensado.	18
2.2.3. Sistema Postensado.	19
2.2.4. Sistema de Postensado en el Perú	29
2.2.5. Geometrías comunes en Losas Postensadas.	33
2.2.6. Sistema de Transmisión de Cargas en el Postensado	36
2.2.7. Diseño de Losas Postensadas	38
2.2.8. Especificaciones para Losas Postensadas	43
2.3. Definición de Términos Básicos	48
2.4. Hipótesis	51
2.4.1. Hipótesis General	
2.4.2. Hipótesis Específicas	

	Página
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	
3.1. Diseño Metodológico	52
3.1.1. Enfoque de la Investigación	
3.1.2. Tipo de Investigación	53
3.1.3. Diseño de Investigación	
3.1.4. Alcance o Nivel de la Investigación	54
3.2. Población y Muestra	55
3.2.1. Población	
3.2.2. Muestra	
3.3. Instrumentos de Recolección de Datos	57
3.3.1. Técnica	
3.3.2. Instrumentos de recolección	
3.4. Procedimiento	58
3.5. Variables	58
3.5.1. Variable Dependiente	59
3.5.2. Variable Independiente	
3.5.3. Operacionalización de Variables	60
CAPÍTULO IV: DESARROLLO	
4.1. Ubicación de la Estructura Planteada	61
4.2. Descripción de Ambientes	62
4.3. Características para el Diseño Estructural	63

	Página
4.4. Predimensionamiento	64
4.4.1. Losas postensadas	
4.4.2. Vigas Postensadas	66
4.4.3. Losa maciza	
4.4.4. Vigas	67
4.4.5. Columnas	
4.5. Modelamiento de Losas Postensadas con el software ADAPT Builder	70
4.5.1. Aplicación de cargas en las losas postensadas	73
4.5.2. Líneas de soporte y áreas tributarias	76
4.5.3. Diseño de tendones	80
4.5.4. Verificación de tensiones	85
4.5.5. Verificación por Flexión	89
4.5.6. Verificación por Punzonamiento	93
4.5.7. Metrado y análisis de precios	95
CAPÍTULO V: RESULTADOS	
5.1. Tendones No Adheridos	98
5.1. Punzonamiento de Losa	101
5.2. Presupuesto	106
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	
6.1. Contrastación de Hipótesis	108
6.1.1. Contrastación de Hipótesis Específicas	
6.1.2. Contrastación de Hipótesis General	110
6.2. Contrastación con Antecedentes	111

	Página
6.2.1. Contrastación con Antecedentes Internacionales	
6.2.2. Contrastación con Antecedentes Nacionales	112
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114
ANEXOS	115
FUENTES DE INFORMACIÓN	143

ÍNDICE DE GRÁFICOS

TABLAS	Página
Tabla 1. Precio de losas	2
Tabla 2. Ventajas y desventajas del sistema adherido.	27
Tabla 3. Ventajas y desventajas del sistema No adherido.	28
Tabla 4. Losas Planas	39
Tabla 5. Losas Planas con Capiteles o Ábacos	39
Tabla 6. Losas con Viga Plana	39
Tabla 7. Losas con Viga Peraltada	40
Tabla 8. Deflexiones admisibles	41
Tabla 9. Tolerancias Típicas	44
Tabla 10. Área Interna Nominal Mínima del Ducto	46
Tabla 11. Espaciado máximo recomendado de soportes de conductos	47
Tabla 12. Propiedades de cables Comerciales en el Perú	49
Tabla 13. Propósitos y valor del alcance descriptivo	54
Tabla 14. Variable Dependiente	59
Tabla 15. Variable Independiente	59
Tabla 16. Operacionalización de Variables	60
Tabla 17. Descripción de ambientes	62
Tabla 18. Características de diseño	63
Tabla 19. Propiedades de Materiales	63
Tabla 20. Pesos y Sobrecargas establecidos en la norma E.020	64
Tabla 21. Peralte de Losas Postensadas	65
Tabla 22. Peralte y ancho de Viga Postensada	66

	Página
Tabla 23. Factores para predimensionamiento de columnas	67
Tabla 24. Metrado de cargas para columnas.	68
Tabla 25. Dimensionamiento de columnas.	69
Tabla 26. Características para el cálculo de Fuerza Efectiva	81
Tabla 27. Esfuerzos permisibles Módulo A – 1° y 2° Nivel	86
Tabla 28. Esfuerzos permisibles Módulo A – 3° Nivel	86
Tabla 29. Esfuerzos permisibles Módulo B – 1° y 2° Nivel	86
Tabla 30. Esfuerzos permisibles Módulo C	87
Tabla 31. Esfuerzos permisibles Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel	87
Tabla 32. Esfuerzos permisibles Módulo E	87
Tabla 33. Esfuerzos permisibles Módulo F – 1° y 2° Nivel	88
Tabla 34. Esfuerzos permisibles Módulo F – 3° Nivel	88
Tabla 35. Esfuerzos permisibles Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel	88
Tabla 36. Esfuerzos permisibles Módulo I – 1° y 2° Nivel	89
Tabla 37. Deflexiones Módulo A – 1° y 2° Nivel	89
Tabla 38. Deflexiones Módulo A – 3° Nivel	90
Tabla 39. Deflexiones Módulo B – 1° y 2° Nivel	90
Tabla 40. Deflexiones Módulo C	90
Tabla 41. Deflexiones Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel	91
Tabla 42. Deflexiones Módulo E	91
Tabla 43. Deflexiones Módulo F – 1° y 2° Nivel	91
Tabla 44. Deflexiones Módulo F – 3° Nivel	92
Tabla 45. Deflexiones Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel	92

	Página
Tabla 46. Deflexiones Módulo I – 1° y 2° Nivel	92
Tabla 47. Punzonamiento Módulo A – 1° y 2° Nivel	93
Tabla 48. Punzonamiento Módulo A – 3° Nivel	93
Tabla 49. Punzonamiento Módulo B – 1° y 2° Nivel	94
Tabla 50. Punzonamiento Módulo C	94
Tabla 51. Punzonamiento Módulo F – 1° y 2° Nivel	95
Tabla 52. Punzonamiento Módulo I – 1° y 2° Nivel	95
Tabla 53. Metrado Módulo A	96
Tabla 54. Metrado Módulo B	96
Tabla 55. Metrado Módulo C	96
Tabla 56. Metrado Módulo D	96
Tabla 57. Metrado Módulo E	97
Tabla 58. Metrado Módulo F	97
Tabla 59. Metrado Módulo G	97
Tabla 60. Metrado Módulo I	97
Tabla 61. Tendones Módulo A – 1° y 2° Nivel	98
Tabla 62. Tendones Módulo A – 3° Nivel	98
Tabla 63. Tendones Módulo B – 1° y 2° Nivel	99
Tabla 64. Tendones Módulo C	99
Tabla 65. Tendones Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel	99
Tabla 66. Tendones Módulo E	100
Tabla 67. Tendones Módulo F – 1° y 2° Nivel	100
Tabla 68. Tendones Módulo F – 3° Nivel	100

	Página
Tabla 69. Tendones Módulo G – 1° y 2° Nivel	101
Tabla 70. Tendones Módulo I – 1° y 2° Nivel	101
Tabla 71. Refuerzo para punzonamiento Módulo A – 1° y 2° Nivel	102
Tabla 72. Refuerzo para punzonamiento Módulo A – 3° Nivel	102
Tabla 73. Refuerzo para punzonamiento Módulo B – 1° y 2° Nivel	103
Tabla 74. Refuerzo para punzonamiento Módulo C	104
Tabla 75. Refuerzo para punzonamiento Módulo F – 1° y 2° Nivel	104
Tabla 76. Refuerzo para punzonamiento Módulo I – 1° y 2° Nivel	105
Tabla 77. Presupuesto de Losas Postensadas	106
Tabla 78. Metrado de Módulo H	106
Tabla 79. Presupuesto de Losa Maciza de Concreto Armado	107
Tabla 80. Comparación de Costos por m ² de Losa	107
Tabla 81. Contrastación de Hipótesis Especifica H1	108
Tabla 82. Contrastación de Hipótesis Especifica H2	109
Tabla 83. Contrastación de Hipótesis Especifica H3	109
Tabla 84. Contrastación con Antecedente Internacional de Flores & Paati	111
Tabla 85. Contrastación con Antecedente Internacional de Meza	112
Tabla 86. Contrastación con Antecedente Nacional de Montes & Yalli	112
FIGURAS	
Figura 1. Comparativa de Losas Postensadas y de Concreto Armado	3
Figura 2. Diagrama Causa – Efecto	4
Figura 3. Principio del presfuerzo en un barril y una rueda de bicicleta	17
Figura 4. Presfuerzo	19

	Página
Figura 5. Diagrama de Postensado	20
Figura 6. Los Torones	21
Figura 7. Cortes y Secciones de ductos corrugados	21
Figura 8. Cuñas, anclajes y acople de sistema	22
Figura 9. Equipo de inyección	23
Figura 10. Los Torones: (a) Composición de cable postensado no adherido, (b) Rollo de cable	24
Figura 11. Anclajes encapsulados para postensado no adherido	24
Figura 12. Tipos de sillas: a) Sillas de acero, b) Sillas de plástico prefabricada	25
Figura 13. Bomba de Inyección	25
Figura 14. Gato Hidráulico	26
Figura 15. Sistemas de Postensado	26
Figura 16. Centro comercial Jockey Plaza	29
Figura 17. Hotel Westin Libertador	30
Figura 18. Nueva Sede del Banco de la Nación	31
Figura 19. Gran Teatro Nacional	31
Figura 20. Torre Barlovento	32
Figura 21. Losas Planas	33
Figura 22. Losas Planas con Capiteles	34
Figura 23. Losas con Vigas Planas	34
Figura 24. Losa con Viga Plana Bidireccional	35
Figura 25. Losa con Viga Peraltada	35
Figura 26. Losa con Viga Peraltada Bidireccional	36

	Página
Figura 27. Sistema de transferencia de cargas	36
Figura 28. Disposición de tendones en planta	38
Figura 29. Proceso Cuantitativo	52
Figura 30. Clasificación de la investigación no experimental	53
Figura 31. Vista área de la ubicación del terreno	55
Figura 32. Localización de Estudio	56
Figura 33. Planos Arquitectónicos de Centro Cultural	56
Figura 34. Vista 3D del Centro Cultural	57
Figura 35. Ubicación del Proyecto lado Oeste	61
Figura 36. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo A.	70
Figura 37. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo B.	70
Figura 38. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo C.	71
Figura 39. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo D.	71
Figura 40. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo E.	71
Figura 41. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo F.	72
Figura 42. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo G.	72
Figura 43. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo I.	72
Figura 44. Asignación de cargas muertas	73
Figura 45. Asignación de cargas vivas	73
Figura 46. Asignación de cargas al Módulo A	74
Figura 47. Asignación de cargas al Módulo B	74
Figura 48. Asignación de cargas al Módulo C	74
Figura 49. Asignación de cargas al Módulo D	75

	Página
Figura 50. Asignación de cargas al Módulo E	75
Figura 51. Asignación de cargas al Módulo F	75
Figura 52. Asignación de cargas al Módulo G	76
Figura 53. Asignación de cargas al Módulo I	76
Figura 54. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo A – 1° y 2° Nivel	77
Figura 55. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo A – 3° Nivel	77
Figura 56. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo B – 1° y 2° Nivel	78
Figura 57. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo C	78
Figura 58. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel	78
Figura 59. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo E	79
Figura 60. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo F – 1° y 2° Nivel	79
Figura 61. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo F – 3° Nivel	79
Figura 62. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel	80
Figura 63. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo I – 1° y 2° Nivel	80
Figura 64. Características de tendones	81
Figura 65. Diseño de tendones, Módulo A – 1° y 2° Nivel	82
Figura 66. Diseño de tendones, Módulo A – 3° Nivel	82
Figura 67. Diseño de tendones, Módulo B – 1° y 2° Nivel	82
Figura 68. Diseño de tendones, Módulo C	83
Figura 69. Diseño de tendones, Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel	83
Figura 70. Diseño de tendones, Módulo E	83
Figura 71. Diseño de tendones, Módulo F – 1° y 2° Nivel	84

	Página
Figura 72. Diseño de tendones, Módulo F – 3° Nivel	84
Figura 73. Diseño de tendones, Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel	84
Figura 74. Diseño de tendones, Módulo I – 1° y 2° Nivel	85

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación Problemática

Las edificaciones han ido evolucionando significativamente con el transcurrir del tiempo, considerando no solo mejoras en sus diseños, sino en sus procesos constructivos, lo cual ha permitido entre otros avances el uso eficiente de los espacios, a partir de un proyecto que minimice los errores y optimice el tiempo en el diseño arquitectónico y estructural.

Una de las restricciones que suelen darse en las edificaciones con diseños estructurales tradicionales, propios del concreto armado, es que limita en las configuraciones irregulares, y dificulta la ejecución de elementos esbeltos entre columnas y voladizos de luces libres amplias. Estas necesidades, al darle una solución mediante el concreto postensado, ayudan a un mejor funcionamiento de los espacios y obliga a la estructura ajustarse a la arquitectura, así mismo la necesidad de tener espacios libres por el mismo hecho de ser un centro cultural donde incluye un teatro, beneficia y ahorra un gran tratamiento acústico.

Otras de los problemas que se presenta, es que en la actualidad las edificaciones modernas buscan ser impactantes en su diseño, queriendo ganar espacios en las alturas o teniendo formas muy extravagantes, por ello se necesita tener nuevas formas de diseño estructural que permita realizar proyectos con mayor altura, disminuir las cargas muertas, evitar las deflexiones de losas, menos cortantes, menos momento de volcamiento, etc.

Además de la problemática estructural que expone dicho Centro Cultural, está en tela de juicio el problema económico, debido a que es uno de los primeros proyectos de gran magnitud que se planteará en la provincia de Cutervo, ya que, si se llegara a utilizar métodos convencionales de diseño y ejecución, se necesitaría de un presupuesto de mayor cuantía y de menor eficacia en su funcionamiento. Debido a la clasificación en la que se encuentra este Centro Cultural como una edificación importante, ya

que congrega a una gran cantidad de personas; las losas postensadas requieren de un buen comportamiento sísmico, pues, según reportes de sismicidad del área de interés, esta se localiza en la zona 2, que según el Gobierno Regional de Cajamarca se encuentra con una máxima intensidad sísmica de VI en la escala de Richter.

En el diseño estructural del Centro Cultural en la ciudad de Cutervo, se presenta algunos de estos problemas aludidos en párrafos anteriores, ya que para hacer una buena gestión del proyecto se necesita de un sistema de diseño estructural que ayude a satisfacer la demanda de luces libres con longitudes amplias, voladizos de luces grandes, menos peso de la edificación, buen comportamiento sísmico y una mejor acústica.

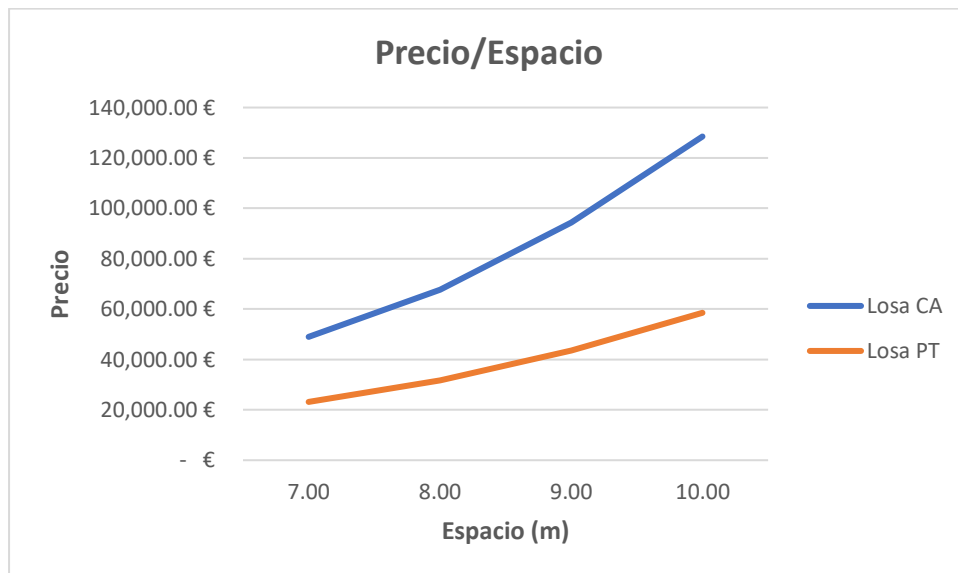
Si damos solución a esta problemática, será beneficioso en diferentes aspectos, ya que permitirá un mejor uso de los espacios, así como también un gran ahorro de material; Ahora, si se realiza un mejor proceso constructivo y un adecuado control de calidad, lograremos una buena estructura, evitando grietas en las losas y un mejor acabado, que asegure el uso pertinente del proyecto, para los fines que ha sido diseñado.

Tabla 1. Precio de losas

Espacio (m)	Descripción	Precio (€)	Diferencia de Precio (€)	Diferencia de Precio (%)
7.00	Losa de Concreto Armado	25,811.00	2,652.00	10.27%
7.00	Losa Postensada	23,159.00		
8.00	Losa de Concreto Armado	36,116.00	4,451.00	12.32%
8.00	Losa Postensada	31,665.00		
9.00	Losa de Concreto Armado	50,918.00	7,384.00	14.50%
9.00	Losa Postensada	43,534.00		
10.00	Losa de Concreto Armado	69,970.00	11,450.00	16.36%
10.00	Losa Postensada	58,520.00		

Fuente: Post-tensioned Flat Slabs with Unbonded Tendons for Public Buildings, Török, I., Puskás, A. & Virág, J. (2019)

Figura 1. Comparativa de Losas Postensadas y de Concreto Armado



Fuente: Post-tensioned Flat Slabs with Unbonded Tendons for Public Buildings, Török, I., Puskás, A. & Virág, J. (2019)

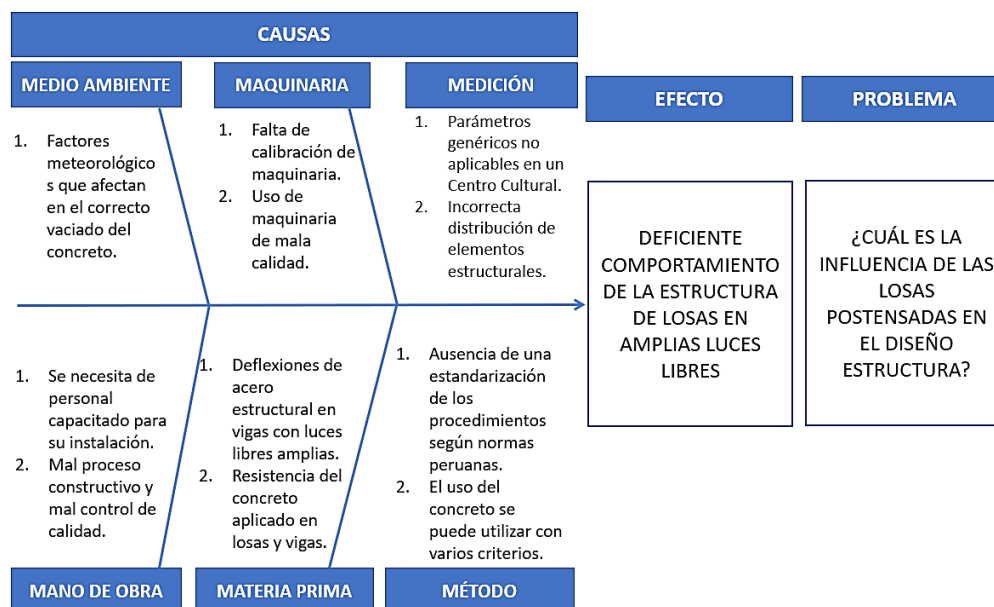
1.2. Definición del Problema

En el extranjero, ante la exigencia de la modernización de las edificaciones, se han aplicado métodos estructurales interesantes y exitosos. En algunas ciudades importantes del país, también se han incorporado progresivamente estos métodos innovadores, sin embargo, en la provincia de Cutervo, a falta de investigación, se vienen empleando aún, prácticas convencionales que impiden una modernización de la ciudad capital, acorde con una metodología contemporánea.

A partir de la problemática expuesta, se realizó una encuesta a diez expertos con conocimientos y experiencia en el tema de estudio para poder validar la información adquirida. Con la ayuda de los expertos se llegó a considerar que el Proyecto del Centro Cultural requiere del uso de nuevos diseños, nuevos procesos constructivos y nuevas metodologías que permitan realizar con eficacia, eficiencia y calidad este proyecto de gran magnitud en la ciudad de Cutervo.

El mencionado Centro Cultural está diseñado para la utilización de diferentes fines, entre ellos, figura la construcción de un teatro, el cual demanda de áreas con longitudes de luz libre amplias que permitan tener una mejor visión a los espectadores, se tenga el espacio suficiente para poder realizar diferentes actividades y obtener una mejor acústica.

Figura 2. Diagrama Causa – Efecto



Fuente: Elaboración Propia

Otro de los problemas que existe para este proyecto se encuentra en la formulación del mismo, ya que por lo general en proyectos así suele haber modificaciones en los planos por no tener la concordancia de lo arquitectónico con lo estructural debido a que los diseños arquitectónicos exigen emplear nuevos métodos y al momento de ser ejecutados, realizar un mejor control de calidad, así mismo por motivos de esto puede conllevar al aumento del presupuesto e incluso a la mala ejecución del proyecto en sus procesos constructivos.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema Principal

¿Cuál es la influencia de las losas postensadas en el diseño estructural de un Centro Cultural en la provincia de Cutervo que demanda de amplios espacios libres y una arquitectura irregular?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿De qué manera se realizaría el modelamiento y análisis de losas postensadas con el sistema no adherido, en la optimización del diseño estructural del Centro Cultural en la provincia de Cutervo?
- ¿Cuál es el comportamiento de las losas postensadas con el sistema no adherido, frente al punzonamiento de columnas de concreto armado de un centro cultural de tres niveles?
- ¿Qué tan viable técnica y económicamente sería utilizar losas con concreto postensado a corto y largo plazo en el diseño estructural del centro cultural teniendo en cuenta su ubicación geográfica?

1.4. Objetivo General y Específicos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar losas postensadas con el sistema no adherido, para la optimización del diseño estructural de un centro cultural de tres niveles ubicado en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el modelamiento y análisis de losas postensadas con el sistema no adherido, utilizando el método de elementos finitos con el uso del software ADAPT Builder 2015 en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles.
- Determinar el comportamiento de las losas postensadas con el sistema no adherido frente al punzonamiento de columnas de concreto armado de un centro cultural de tres niveles.
- Hacer un cálculo y comparación técnica y de costos de las losas con concreto postensado en el diseño estructural del Centro Cultural tomando en cuenta el costo promedio de una edificación con losas de concreto armado.

1.5. Importancia de la Investigación

1.5.1. Importancia Social

La provincia de Cutervo tiene actualmente una población estimada de 123 948 habitantes (INEI), de lo cual 36, 802 estudiantes (Censo Escolar, 2016) constituye su población escolar en los niveles inicial, primaria y secundaria, sin contar las instituciones de educación superior que se encuentran en la ciudad capital, las mismas que en su totalidad desarrollan constantemente actividades deportivas y culturales durante cada periodo anual; siendo muy limitada la capacidad instalada (infraestructura) con que se cuenta para desarrollar adecuadamente los certámenes programados; siendo inexistente o muy precario el estado de auditorios, anfiteatros o salones para el cumplimiento específico de eventos culturales diversos, perjudicando el desarrollo de importantes actividades o programas como es el caso específico de los Juegos Florales Escolares Nacionales patrocinado por el MINEDU y talleres permanentes que impulsa el Gobierno Local o las instituciones de la provincia.

Es por todas esas necesidades que el Centro Cultural en la ciudad de Cutervo será una obra que solucionará las necesidades antes mencionadas y permitirá contribuir con las familias cutervinas en la generación de oportunidades y espacios para el aprovechamiento del tiempo libre de sus hijos, cerrando filas contra males sociales como el consumo de tabaco, alcohol y droga; mediante prácticas saludables sustentadas en el arte y la cultura. Así mismo el ejecutar dicho proyecto en las circunstancias que venimos viviendo de esta emergencia sanitaria, ayudará a que la educación virtual llegue a más estudiantes en ambientes adecuados y al aire libre.

1.5.2. Importancia Teórica

Brindará un aporte de gran importancia ya que no se ha realizado ningún tipo de propuesta de gran magnitud en la provincia de Cutervo como este centro cultural usando un sistema de diseño de losas postensadas el cuál se busca generar un impacto positivo y pueda tener un alcance en toda la región de los beneficios de la ingeniería civil ya que en la ciudad de

Cutervo nunca se ha utilizado en algún proyecto esta teoría. Dicha técnica de postensado ayuda al diseñador a hacer un uso más efectivo de las propiedades del concreto, ayudando a la estructura a ser más resistente, más delgada, más eficiente y por ende más económico.

1.5.3. Importancia Práctica

El presente proyecto de diseño tiene como finalidad mejorar la infraestructura para dar un aporte cultural en la provincia de Cutervo, dicha infraestructura permitirá que los niños, adolescentes y jóvenes tengan la posibilidad de descubrir y desarrollar sus habilidades artísticas en los campos de la música, canto, teatro, danza, baile, etc., ya que el diseño estructural y arquitectónico de dichos espacios permitirán que se realice de la mejor manera todas las actividades determinadas y con un gran ambiente que combina lo acogedor con lo moderno.

1.6. Limitaciones de la Investigación

En esta investigación existen ciertas limitaciones que de alguna manera pueden mermar la calidad del presente trabajo, las cuales son:

- Existen pocas fuentes de información actualizadas sobre el sistema postensado, además de precarios libros que expliquen de manera secuencial cómo realizar el diseño de losas postensadas.
- En el mundo de la construcción y sobre todo en instituciones que se dedican a la enseñanza y capacitaciones, no emplean a fondo los temas de concreto presforzado y sobre todo de postensado, lo cual es un tema muy necesario de aprender sobre todo en este siglo XXI donde está lleno de innovaciones y se presentan nuevas necesidades.
- Es escaso los programas de diseño para sistemas de postensado y dificultándose más aún por la situación actual que se vive sobre la emergencia sanitaria que limita el traslado libremente incluso para que se realice un estudio de mecánica de suelos.
- También por motivo de la emergencia sanitaria que viene pasando en estos momentos, hace que esta investigación sea limitada en ciertos aspectos para poder tener a la mano diferentes fuentes de informaciones físicas.

1.7. Viabilidad de la Investigación

1.7.1. Viabilidad Técnica

Este proyecto es de gran magnitud y tiene cierta complejidad, pero con la ayuda de algunos software hace que se facilite ciertos análisis, en este caso los programas a utilizarse son Excel y ADAPT Builder, donde permitirá hacer su predimensionamiento, análisis estructural, análisis sísmico y el diseño de las losas postensadas; los métodos de diseño también son viables ya que existen diferentes cursos virtuales que enseñan a diseñar estructuras de concreto presforzado en diferentes situaciones y necesidades, además de que dichas técnicas de diseños ya han sido aplicados en otros lugares del extranjero y en ciertos lugares puntuales del país, dando un resultado positivo a esta técnica.

1.7.2. Viabilidad Económica

Con respecto al financiamiento de ejecución del proyecto será asumido en su totalidad por la entidad pública competente, teniendo en cuenta que la utilización de losas postensadas llevándose un adecuado proceso constructivo y un minucioso control de calidad, será económicamente viable en comparación de otras técnicas tradicionales, ya que tiene muchas ventajas tanto en su cantidad de material, en sus dimensiones, en su forma y en su comportamiento estructural.

Dicho proyecto también podría ser autosustentable debido a que los servicios con que contará el Centro Cultural de Cutervo permitirán recaudar recursos propios para su auto sostenimiento; permitiendo reducir las subvenciones municipales a fin de cubrir sus gastos de mantenimiento como agua, luz eléctrica e implementación de talleres. Con respecto al financiamiento de ejecución será asumido en su totalidad por la entidad pública competente.

1.7.3. Viabilidad Social

El presente proyecto de edificación tendrá una gran demanda social, debido a que está dirigido a toda la población para realizar actividades culturales, además ayudará a los estudiantes en la mejora de sus conocimientos ya que se contará con una biblioteca que podrá ser de uso

público y para todas las edades, dicha edificación será multiusos y con el fin de apoyar y explotar cada habilidad de cada persona de la provincia.

1.8. Impacto de la Investigación

1.8.1. Impacto Teórico

El diseño estructural del Centro Cultural utilizando losas postensadas con el sistema no adherido a nivel de la región genera un aporte al conocimiento científico aplicado en una zona donde no se ha utilizado estos tipos de diseño y mucho menos se ha realizado obras de gran envergadura; dicho aporte teórico ayuda a generar soluciones a ciertas limitaciones que se tiene en la estructura, de acuerdo con su funcionalidad arquitectónica. Por otro lado, se tomará como punto de partida para otros investigadores que quieran aplicar este sistema de diseño en estructuras con parecidas características geográficas.

1.8.2. Impacto Práctico

La estructura del Centro Cultural trae consigo un impacto práctico positivo, debido a que, por su propia necesidad de uso beneficiará a niños, adolescentes y jóvenes de la provincia, además servirá para profesionales especialistas en estructuras y estudiantes de ingeniería civil ya que, dicho estudio tiene una utilidad estructural que ayuda a su funcionalidad práctica mejorando el funcionamiento de las losas y la comodidad de los usuarios para desarrollar sus actividades; esto resuelve losas de menor peralte, mayor durabilidad y menos fisuramiento generando espacios amplios de cada ambiente, seguridad de la estructura, trabajabilidad en losas irregulares y mejora en la transitabilidad de los espacios.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Flores & Paati (2019) en su investigación sobre “Análisis comparativo de las respuestas estructurales entre sistemas aporticados de hormigón armado, con losas postensadas y no postensadas” para la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Central del Ecuador, en dicha investigación se determinó que las estructuras con losas postensadas presentan mejores respuestas estructurales, convirtiéndose en una opción viable de construcción, considerando que se cuenta con la materia prima y el personal calificado en el país para que esta tecnología sea explotada, además se concluyó que de acuerdo al análisis de costos existe un ahorro del 17.30% en materiales.

En mencionada investigación también se determinó que las losas postensadas una vez tensados los torones se pueden desencofrar totalmente a los 7 días de ser fundidas, gracias a las fuerzas de precompresión transmitidas mediante el postensado, agilizando el proceso constructivo y acortando tiempos en la construcción de las losas, mientras que para una losa tradicional el número mínimo de días para desencofrar es de 14, concluyendo que las losas postensadas representan un ahorro considerable en encofrados, tiempos y mano de obra.

Meza (2017) en la investigación sobre “Aspectos Fundamentales del Concreto Presforzado” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, en el cual explica que el postensado son esfuerzos y deformaciones inducidos para mejorar el comportamiento estructural de un elemento, este mejoramiento por medio del presfuerzo aumenta la capacidad de carga y disminuye la sección del elemento, dicho presfuerzo induce fuerzas opuestas a las que producen las cargas de trabajo mediante cables de acero de alta resistencia al ser tensado contra sus anclas. La aplicación de las fuerzas

de presfuerzo se realiza después del vaciado del concreto, utilizando tendones de acero en ductos para evitar su adherencia con el concreto.

Cuando se aplica el presfuerzo con el sistema de postensado, por lo general se ubican en moldes de vigas ductos huecos que contienen a los cables no esforzados, y que siguen la forma deseada, antes del vaciado de concreto. Los tendones pueden ser cables torcidos en torones, o varillas de acero. El ducto se asegura con alambres al refuerzo para evitar su movimiento accidental, y luego se vacía el concreto. La tensión se revisa midiendo la presión del gato y la elongación del acero, los cables se tensan normalmente todos a la vez o utilizando el gato monotoron. Por lo general se rellenan de mortero los ductos de los tendones después de que estos han sido tensados y cuando se endurece, la pasta une al tendón con la pared interior del ducto.

Velásquez (2019) demuestra que los principios de diseño de losas postensadas con adherencia son sencillos y tienen un sustento en la investigación y la práctica, pudiendo ser la losa postensada una alternativa de diseño junto a los sistemas tradicionales. Por ejemplo, el sistema de losas planas postensadas es una forma más de estructurar edificios de concreto, siempre y cuando se tomen las medidas pertinentes respecto al diseño a flexión, verificación al punzonamiento y control de deflexiones para los diferentes estados. En el proyecto que se desarrolló en dicha investigación, se logró realizar un análisis y diseño satisfactorio para ambos sistemas de losas, comprobadas de forma manual y con el Software SAFE 2016 guiados ambos en la Norma Europea EC-2. En la comparación de costos, la losa postensada tiene un costo superior del 15% respecto a la losa tradicional, pero las ventajas al usar losas postensadas son el tiempo de ejecución, eficientes programas de construcción y la reducción de la altura del edificio, dichas ventajas pueden llegar a suprimir este 15% de costo y superarlo de manera positiva.

Török, Puskás & Virág (2019) En la actualidad, para los edificios públicos frecuentemente sus losas de diseño son losas planas, ya que resultan ser simples, efectivos, que reduce el tiempo de ejecución en comparación con un sistema tradicional de viga y losa y ofrece ventajas en altura útil y en construcciones totales. El principal problema de las losas es el aumento de su propio peso total de la estructura que se puede eliminar con el postensado de la losa, en este caso se reduce el espesor de la losa y la cantidad de acero. Los estudios de diferentes casos realizados sobre comparaciones de cantidades de materiales en diferentes edificios ejecutados con solución de losa plana, el rediseño con solución postensada muestra que se puede lograr una reducción del 10% de economía directa solo en losa, sin tener en cuenta la reducción del peso de la estructura que influye positivamente en los elementos portantes de la estructura vertical y también en la cimentación.

Szydłowski & Labuzek (2017) El desarrollo global de la riqueza de los países impone una mejora e innovación constante de las formas arquitectónicas implementadas a lo largo de los años. Esto obliga a la necesidad de buscar elementos estructurales horizontales más esbeltos y con luces mayores. Sin embargo, además de la estabilidad y la capacidad general, deben proporcionar buenas características térmicas y acústicas, así como resistencia a las vibraciones, lo que se vuelve un problema en el caso de losas delgadas. A pesar de la cantidad de desventajas, todos los factores mencionados anteriormente pueden conciliarse con el concreto postensado. Durante años, las losas de concreto postensado de gran luz se han utilizado como suelos estructurales en edificios de EE. UU., Australia, Hong Kong y Singapur. A partir de entonces, se han introducido en Europa. En Polonia, su crecimiento se remonta a los últimos diez años. Durante varias décadas de aplicación efectiva de losas pretensadas, se prepararon e implementaron muchas pautas de diseño para permitir el enfoque de ingeniería simple para el diseño del tipo de losa seleccionado.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Marticorena (2021) en su tesis sobre “Análisis de Concreto Postensado en el Diseño de una Estructura Aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana los Andes, indica que el concreto postensado es muy versátil en su uso, empezando desde la aplicación en la construcción de edificaciones, hasta puentes de grandes magnitudes, convirtiéndose en uno de los sistemas más eficaces y eficientes en la actualidad. Su ejecución en edificaciones se da en la construcción y diseños de sistemas aporticados, mejorando en gran escala su rigidez, su resistencia, su ductilidad, su diseño y análisis sismorresistente.

Montes & Yalli (2021) en su tesis sobre “Diseño Estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Huancavelica, sustenta que en los últimos años en diferentes partes del mundo se ha venido estudiando e investigando nuevos métodos de diseño y estructuración, con la finalidad de reducir costos, pero sin dejar de lado la seguridad; dichos métodos constructivos permiten aumentar la resistencia y la durabilidad de los materiales y elementos estructurales, de esta forma genera soluciones más eficientes. Tal es el caso que se cuenta con mejores alternativas de diseño como los elementos de presforzados (pretensado o postensado), que es aplicado a puentes y edificaciones especiales.

Este método se está desperdiciando debido a la escasa ejecución de la técnica en edificaciones y al ser considerado un sistema muy costoso, sin tener en cuenta las ventajas que trae al resolver la debilidad que tiene el concreto a los esfuerzos de tracción, lograr grandes luces libres que permiten mayor versatilidad y flexibilidad lográndose un eficiente aprovechamiento de los espacios, permitiendo estar a la altura de las exigencias que el mundo moderno requiere.

Agreda & Guevara (2019) en su investigación sobre “Propuesta de una metodología constructiva de losas postensadas con adherencia en edificaciones, departamento de San Martín” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Científica del Perú, donde menciona que al buscar en la norma vigente peruana relacionado al diseño de concreto postensado puede ser identificada en la norma E.060 (Norma Técnica de Edificación Concreto Armado), la mencionada norma reglamenta las condiciones mínimas para el diseño de elementos de concreto armado y enfoca escasamente un solo capítulo al diseño de concreto postensado, por lo que se puede afirmar que la información explicada en el reglamento es aún insuficiente y la aplicación de dicho método es poco conocido en el país, por lo tanto el diseño de concreto postensado debe ser complementado con información adicional, específicamente de normas internacionales.

La información del diseño y análisis de losas de concreto armado y concreto postensado, se encuentra en la norma Americana ACI 318-19. El Concreto Presforzado es absolutamente diferente al Concreto Armado, tanto en su cálculo, como en su diseño y construcción; se utiliza para el mismo fin estructural, dando equilibrio, resistencia, estabilidad, funcionalidad, manteniendo y cumpliendo todas las condiciones de normas vigentes. El método del postensado especifica un largo conocimiento en la resistencia de materiales, procesos constructivos, garantizando una adecuada conducta estructural.

González & Herbozo (2019) en su tesis sobre “Propuesta de Peralte de Losas Postensadas como parte del Sistema Lateral para Edificios Altos con Núcleo Rígido” para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, dicha investigación ha sido realizada enfocándose en las losas postensadas para incentivar su uso con seguridad y mayor resistencia a las edificaciones ante cargas sísmicas. Dicho estudio de tesis resalta la evaluación del peralte de losas postensadas con respecto a su momento de inercia que presentan 3 edificios: Las Torre Begonias, El Hotel Westin y El Banco de la nación.

En la presente investigación analizan la problemática de cuanto este tipo de losas puede aportar a los edificios para que sean sismorresistentes, ya que dichas losas en análisis no contienen ábacos respecto a su peralte. También se ha elaborado antecedentes de edificaciones con losas postensadas diseñadas sin tablas o diagramas en su peralte y llegan a tener un comportamiento sismorresistente.

Tipacti (2018) en su tesis sobre “Procedimiento Constructivo de Losas Postensadas con Rampa en Sótanos, Sistema Adherido”, para obtener el título de Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad Católica del Perú, explica que el sistema de losas postensadas se clasifica en 2 tipos, los cuáles son: losas postensadas no adheridas y losas postensadas adheridas.

En el sistema no adherido se caracteriza porque en su proceso constructivo y en su vida útil el cable de acero que transmite el presfuerzo es independiente al concreto de dicha losa debido al recubrimiento y cobertura de polietileno externo, en sus secciones transversales su deformación no aumenta más que su precompresión; los materiales que componen la losa postensada no adherida son los torones que se compone de 7 cables de alta resistencia, anclajes encapsulados y sillas de soporte las cuales sirven para marcar la altura donde irá ubicado el cable.

En el sistema de losas postensadas adheridas se caracteriza debido a que en su proceso constructivo el cable que genera presfuerzo es ubicado en tubos o ductos metálicos o de PVC y luego de hacer el proceso de tensado es adherido al concreto mediante un mortero de inyección que se compone de una lechada con suspensión de cemento, con respecto a su deformación se comporta igual que el sistema no adherido y no aumenta más allá de su precompresión en sus secciones transversales; los materiales que componen dicho sistema adherido son los torones que igual se compone de 7 cables de alta resistencia, ductos corrugados que vienen a ser tuberías por las cuales se colocará los cables, anclajes fijos

y móviles que se encuentran embebidos en concreto y sillas de soporte de acero liso o corrugado.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concreto Presforzado.

La principal contribución a la solución de agrietamientos del concreto bajo tracción se le atribuye al ingeniero francés Freyssinet, quien se encargó de hacer realidad práctica la teoría del pretensado; el pretensado es una aplicación de esfuerzo, el cual significa crear intencionalmente esfuerzos fijos en una estructura, con el fin de mejorar su forma de comportarse y bajo condiciones de servicio y de resistencia. Todos estos principios y técnicas del concreto presforzado se han utilizado en estructuras de diferentes tipos y materiales, siendo el lugar más común de su aplicación en el diseño del concreto estructural.

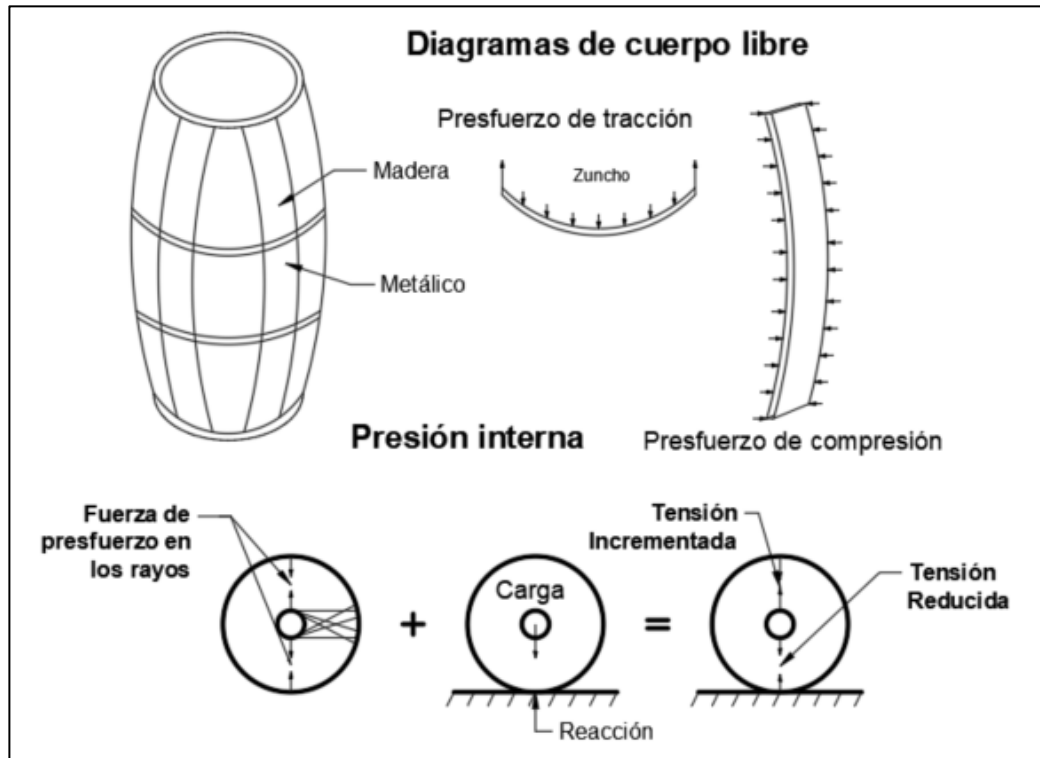
Según Meza Quintanilla, define al presfuerzo como la creación artificial de esfuerzos permanentes en una estructura, con la finalidad de mejorar su conducta y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia. Las técnicas del presfuerzo se han aplicado a edificaciones de diferentes tipos, la más común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural. La aplicación del presfuerzo al concreto estructural, deslinda un nuevo termino, el cual viene a ser llamado concreto presforzado; dicho concreto consiste en la eliminación de esfuerzos de tensión al concreto, creando esfuerzos de compresión intencionalmente; en su aplicación quiere decir que al concreto se le introduce esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes debido a cargas externas son contrarrestados en una manera deseada introduciendo el presfuerzo tensando el acero (torones) antes de la aplicación de las cargas de diseño.

El Instituto Americano del Concreto define al concreto presforzado como un concreto al que se le introduce esfuerzos internos que son contrarrestados con esfuerzos de cargas externas.

En el Perú quien adopto la técnica del concreto presforzado fue el ingeniero Pedro Lainez Lozada, aplicando vigas de concreto presforzado en el proyecto del puente Fortaleza en la carretera de Quincemil, Puerto

Maldonado, dicho puente es una estructura colgante, con tablero encasetonado.

Figura 3. Principio del presfuerzo en un barril y una rueda de bicicleta



Fuente: Rojas, W. Estructuras Presforzadas (2017)

En el concreto presforzado existen dos variantes determinadas al introducir las fuerzas en el acero: pretensado y postensado. Los materiales del sistema pretensado se realizan estirando los cables de acero entre anclajes externos antes del vaciado de concreto y al fraguar el concreto fresco, se adhiere al acero, una vez que el concreto llega alcanzar la resistencia requerida, se retira las fuerzas presforzadas aplicada a los cables por gatos para que luego esa fuerza del acero siga siendo transmitida por adherencia al concreto.

En el tipo de sistema de concreto postensado, el proceso constructivo se realiza de diferente manera donde se esfuerzan los tendones aplicando la acción con los gatos hidráulicos posterior al vaciado del concreto y después que haya endurecido y llegado al 80% de su resistencia del concreto.

Según las curvas de esfuerzo-deformación revelan que es necesario por razones físicas el uso de acero de alta resistencia, estos aceros son algo diferentes en sus características a comparación de los aceros convencional usado para el refuerzo del concreto.

Los aceros de refuerzo comunes son usados en estructuras de concreto armado, estos aceros también son empleados dentro de la construcción del presforzado cumpliendo un papel importante, donde se usan como refuerzo longitudinal suplementario, y para otros fines. Los diferentes tipos de aceros que son usados para el concreto presforzado se subdividen en dos:

a) Alambres Redondos: este tipo de aceros utilizado en construcción de concreto presforzado, mayormente se utiliza en los sistemas de postensado y en pocas ocasiones en sistemas pretensados por los cuales deben cumplirse los requisitos de las especificaciones ASTM A-421.

Los cables están compuestos por lo general por grupos de alambres, dichos cables para postensados típicos pueden estar constituidos entre 8 a 52 alambres individuales.

b) Cables Trenzados: son utilizados exclusivamente en sistemas pretensados, y en pocas ocasiones en el sistema postensado. Este tipo de cables son fabricados con siete alambres torcidos alrededor del séptimo alambre ligeramente mayor en diámetro y todos estos cables son hechos de acuerdo con las especificaciones ASTM A-416.

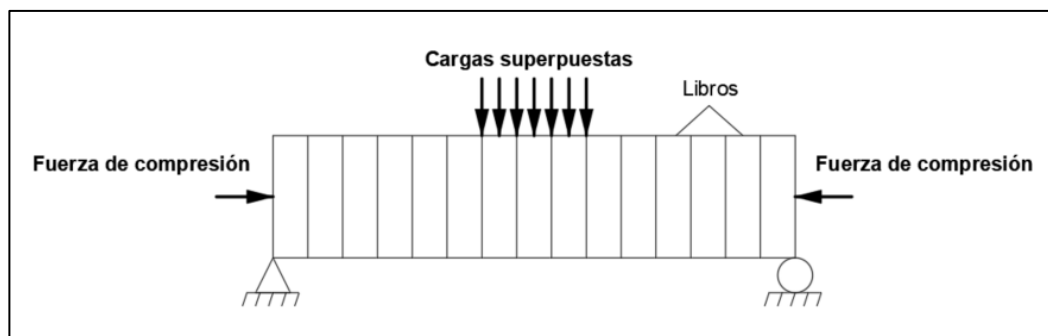
2.2.2. Sistema Pretensado.

Según McCormac y Brown en su libro Diseño de Concreto Reforzado explica que el pretensado es la tensión de los tendones de presfuerzo antes de vaciar el concreto; el aplicar tensiones artificialmente creadas a los tendones, hace que, unidamente con los efectos de las cargas y otras acciones que actúen posteriormente sobre ella, se originen tensiones dentro de límites intencionalmente prefijados, dejándole resistir su peso propio y el de las sobrecargas que actúan. Una vez alcanzado su

resistencia requerida del concreto vaciado, se cortan los tendones de acero y la fuerza de presfuerzo se transmite al concreto por adherencia.

En las estructuras de concreto la técnica del pretensado no es propia y tampoco existe una única forma de pretensar estructuras. Su proceso constructivo se basa en colocar los cables de acero en un extremo fijo y del otro extremo se tensan hasta que se logre alcanzar el valor de la fuerza calculada y al final se ancla en el otro lugar macizo ajustando mediante un anclaje, en el que su esfuerzo introducido al cable se mantenga. Posteriormente se procede al vaciado de concreto de la losa en el encofrado colocado para dicho trabajo. Una vez fraguado el concreto llegando a su resistencia óptima, se cortan los cables en ambos extremos de la viga; la fuerza del tensado se traspa al concreto mediante la adherencia y el concreto funciona como anclaje de los cables.

Figura 4. Presfuerzo

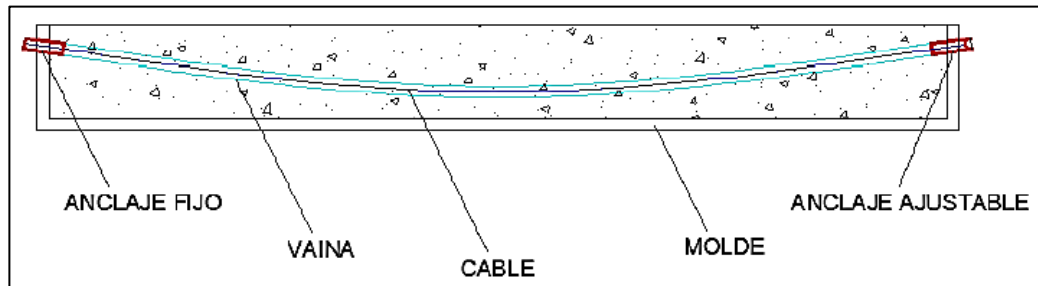


Fuente: McCormac & Brown. Diseño de Concreto Reforzado (2017)

2.2.3. Sistema Postensado.

Este sistema surge al momento de buscar soluciones para lograr conseguir estructuras de concreto armado de mejor calidad y eficiencia, principalmente la finalidad del postensado es lograr que se consigan elementos estructurales más funcionales y con cargas livianas, consiguiendo como ventaja aumentar las luces libres entre columnas y disminuyendo el peralte de las losas de tal forma que se pueda reducir el peso total de la estructura. Una de las grandes desventajas de las estructuras de concreto armado son los agrietamientos los cuales hacen que los aceros sufran ante la oxidación. El sistema postensado disminuye los agrietamientos y vuelve menos vulnerable al acero del óxido.

Figura 5. Diagrama de Postensado



Fuente: Agreda, L., Losas Postensadas con Adherencia en Edificaciones (2019)

El sistema de postensado se aplica cuando el concreto alcanza su resistencia requerida; una vez alcanzado su resistencia que puede ser el 70% u 80%, se le aplica la fuerza de tracción. Dicho sistema se puede aplicar de la siguiente manera.

2.2.3.1. Sistema de postensado adherido.

En este sistema los tendones están contenidos por dos a seis torones, estas van dentro de vainas corrugadas, dichas vainas también sirven de protección contra la corrosión, una vez vaciado el concreto y alcanzada una resistencia óptima, se tensan los cables para hacer llegar el esfuerzo y al final se inyecta el mortero en el interior del ducto propiciando la adherencia de los tendones con el concreto.

Para la aplicación de losas postensadas con el sistema adherido se necesita de materiales que cumplan con los parámetros normativos, los cuales son los siguientes:

- a) **Los Torones.** Está compuesto por 7 cables de alta resistencia, siendo un cable el eje del torón y los otros 6 envuelven de manera helicoidal al eje, adicional a estos cables envueltos entre sí, los torones se componen de un forro de polietileno de 1 mm de espesor en la primera capa y en la segunda capa de cobertura la grasa, que se encarga de controlar la corrosión de los cables.

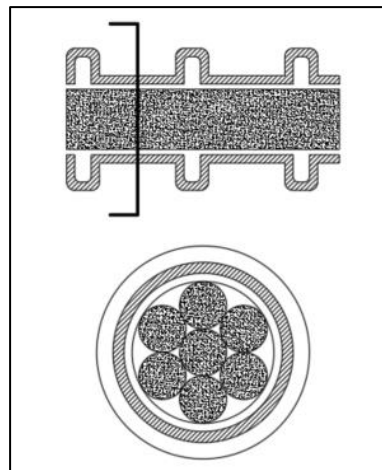
Figura 6. Los Torones



Fuente: Curso de diseño de Losas Postensadas, YOY Academy (2019)

- b) Ductos corrugados.** Es un conducto corrugado por donde se colocará los cables, presentan una superficie de anillos cada 1" que tienen la función de generar fricción con el concreto que lo rodea.

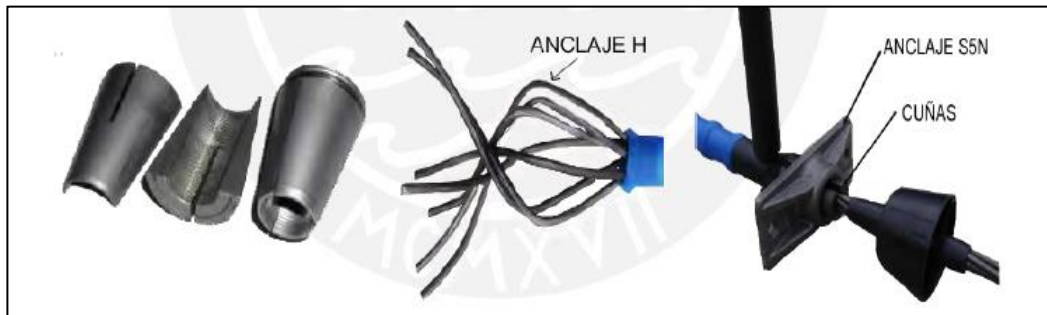
Figura 7. Cortes y Secciones de ductos corrugados



Fuente: Tipacti, J., Procedimiento Constructivo de Losas Postensadas con rampa en sótanos, Sistema Adherido (2018)

- c) Anclajes estándar y tipo H, y cuñas.** En este sistema se utiliza anclajes fijos que viene a ser estándar y los anclajes móviles que viene a ser tipo H, ambos se encuentran embebidos en concreto y no son necesarios ser encapsulados.

Figura 8. Cuñas, anclajes y acople de sistema



Fuente: Tipacti, J., Procedimiento Constructivo de Losas Postensadas con rampa en sótanos, Sistema Adherido (2018)

- d) **Sillas de soporte.** Son elementos que se utilizan para asegurar la trayectoria del cable, estas sillas pueden ser de plástico prefabricado o acero liso. En el caso del acero liso para evitar la corrosión, se adhiere a la base un forro de polietileno.

Para la aplicación de losas postensadas con el sistema adherido se necesita de equipos que cumplan con los parámetros normativos, los cuales son los siguientes:

- a) **Bombas de inyección.** Cumple la función de bombear el gato hidráulico para aplicar la fuerza de tensado correspondiente en los torones.
- b) **Gato hidráulico.** Equipo que trabaja en conjunto con la bomba de inyección y el cual transmite la presión hidráulica hacia los torones.
- c) **Equipo de inyección.** Se utiliza para el proceso final de inyección de lechada de cemento.

Figura 9. Equipo de inyección



Fuente: Tipacti, J., Procedimiento Constructivo de Losas Postensadas con rampa en sótanos, Sistema Adherido (2018)

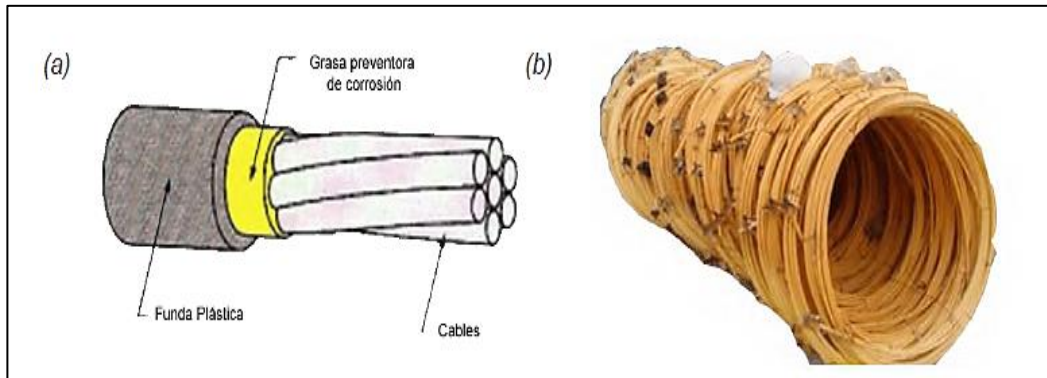
2.2.3.2. Sistema de postensado no adherido.

Este sistema generalmente es de un solo tendón, se coloca sobre el encofrado haciendo uso de caballetes de acero para dar la forma deseada, el tendón va directamente en contacto con el concreto y no utiliza ductos. El torón está revestido de una capa permanente de grasa anticorrosiva, el cual reduce la fricción y el revestimiento plástico, permitiendo el movimiento libre relativo del cable respecto al concreto que lo rodea.

Para la aplicación de losas postensadas con el sistema no adherido se necesita de materiales que cumplan con los parámetros normativos, los cuales son los siguientes:

- a) **Los Torones.** Está compuesto por 7 cables de alta resistencia, siendo un cable el eje del torón y los otros 6 envuelven de manera helicoidal al eje, adicional a estos cables envueltos entre sí, los torones se componen de un forro de polietileno de 1 mm de espesor en la primera capa y en la segunda capa de cobertura la grasa, que se encarga de controlar la corrosión de los cables.

Figura 10. Los Torones: (a) Composición de cable postensado no adherido, (b) Rollo de cable



Fuente: Tipacti, J., Procedimiento Constructivo de Losas Postensadas con rampa en sótanos, Sistema Adherido (2018)

b) Anclajes y cuñas. Se emplea anclajes encapsulados, como las mostradas en la **Figura 11**.

Figura 11. Anclajes encapsulados para postensado no adherido



Fuente: Curso de diseño de Losas Postensadas, YOY Academy (2019)

c) Sillas de soporte. Son elementos que se utilizan para asegurar la trayectoria del cable, estas sillas pueden ser de plástico prefabricado o acero liso. En el caso del acero liso para evitar la corrosión, se adhiere a la base un forro de polietileno.

Figura 12. Tipos de sillas: a) Sillas de acero, b) Sillas de plástico prefabricada



Fuente: Curso de diseño de Losas Postensadas, YOV Academy (2019)

Para la aplicación de losas postensadas con el sistema no adherido se necesita de equipos que cumplan con los parámetros normativos, los cuales son los siguientes:

- a) **Bombas de inyección.** Cumple la función de bombear el gato hidráulico para aplicar la fuerza de tensado correspondiente en los torones.

Figura 13. Bomba de Inyección



Fuente: Curso de diseño de Losas Postensadas, YOV Academy (2019)

- b) **Gato hidráulico.** Equipo que trabaja en conjunto con la bomba de inyección y el cual transmite la presión hidráulica hacia los torones.

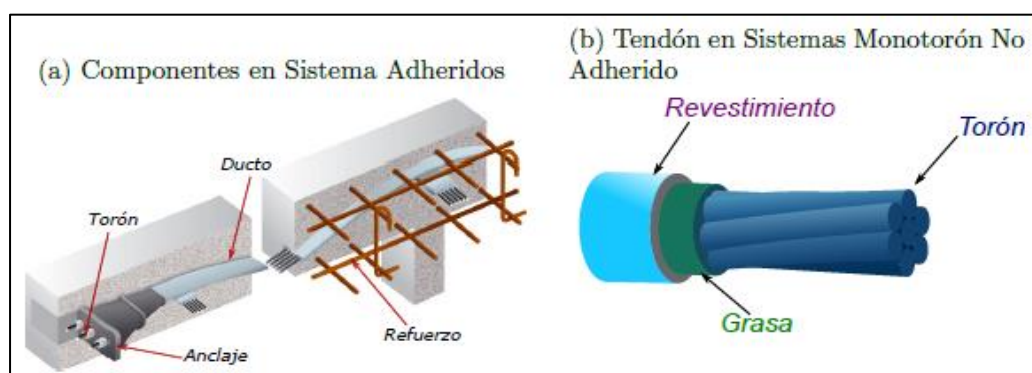
Figura 14. Gato Hidráulico



Fuente: Curso de diseño de Losas Postensadas, YOV Academy (2019)

Las losas postensadas adheridas y no adheridas, han permitido a todo el mundo realizar proyectos de edificaciones donde se puede eliminar las vigas tradicionales, logrando una mayor altura entre piso y así obtener diseños seguros, económicos y estéticamente agradables. A continuación, se explica mejor detallado en el siguiente cuadro las ventajas y desventajas que tiene el sistema adherido y no adherido en obras de edificaciones:

Figura 15. Sistemas de Postensado



Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño Estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones No Adheridos (2021)

Tabla 2. Ventajas y desventajas del sistema adherido.

	Ventajas	Desventajas
Sistema Adherido	El anclaje y su calidad pasa a segundo plano debido a que una vez vertido y fraguado la lechada, la fuerza de tensión se transmite mediante la adherencia del cable de acero con la lechada y del ducto con el concreto.	Existe una pérdida de fricción considerable debido a la necesidad de una alta adherencia entre el cable y su entorno, esto generará mayores refuerzos los cuales se debe tener en cuenta en el cálculo.
	Este tipo de losa puede realizarse modificaciones de manera más fácil que el sistema No adherido.	Si en caso se llegue a cerrar los ductos en el momento de la instalación, se tendrá el inconveniente de poder ingresar los cables y luego la lechada.
	La pérdida de resistencia por un corte casual del torón se presume que tiene un efecto menor sobre la losa, aunque en realidad no se puede garantizar su efecto.	Es imposible en la actualidad saber el margen de resistencia o seguridad si en caso llegue a cortarse involuntariamente un cable, ya que no se produciría ningún ruido y tampoco se podrá determinar las zonas afectadas.
	Mejora el comportamiento frente a la aparición de fisuras por la activación de la fuerza de adherencia	No se puede determinar el porcentaje real de adherencia y recubrimiento del cable.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del sistema No adherido.

	Ventajas	Desventajas
Sistema No Adherido	La excentricidad en la colocación de los tendones es máxima. Gran flexibilidad para la definición del trazado. Las pérdidas por fricción son mínimas, lo cual permite paños de trabajo más largos.	Puede romperse con la manipulación la cobertura de polietileno, para evitar eso se debe realizar un estricto control de calidad luego del colocado del torón en la losa.
	Colocación fácil y rápida. Al no ejecutarse la inyección la programación de obra es más fácil dado que no se solapan actividades.	Al tener un punto débil en lo largo del elemento haría que todo el torón este debilitado, es por eso por lo que los torones deben estar en muy buen estado.
	Se puede marcar fácilmente en la losa el lugar donde se encuentra el torón, para evitar su daño posterior. En caso de rotura de cable, este puede ser removido cambiado y arreglado.	Los anclajes deben ser de buena calidad, fundido homogéneo lo mismo que las cuñas, estos deben estar protegidos ante cualquier acción corrosiva, ya que la tensión del torón, y por lo tanto del elemento estructural se sostiene por los anclajes y cuñas.
	Antes de la instalación, los torones están más protegidos ante los agentes corrosivos. No hay posibilidad que este se oxide.	Debido a la vulnerabilidad en el caso que se pueda cortar un cable de una losa, es recomendable considerar en el cálculo que un porcentaje determinado de cables puedan ser cortados sin afectar la función de la losa.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. Sistema de Postensado en el Perú

En el Perú, en su mayor porcentaje de empresas constructoras suelen asociar el sistema de postensado con la construcción de viaductos y puentes, sin embargo, existen ciertos proyectistas que en los últimos 20 años han venido realizando la aplicación de este sistema en edificaciones, específicamente en losas de entrepiso, vigas y fundaciones. Estas empresas que vienen ejecutando hasta la fecha dicho sistema son: POSTENSA PERÚ, SEC PERÚ, CCL PERÚ, FREYSSINET PERÚ, entre otros. Las siguientes obras, han sido construidas en el Perú, aplicando el sistema de concreto postensado.

2.2.4.1. Centro Comercial Jockey Plaza Shopping Center

El centro comercial ubicado en el distrito de Santiago de Surco en Lima es la primera obra en el país con el uso masivo de losas postensadas, con 130,000 m² de área de terreno, 104,862 m² de área techada y ejecutado en un plazo de 11 meses en el año 1996. La empresa constructora que hizo posible dicha construcción fue COSAPI bajo el sistema “Fast Track” y con un plazo de “Cero Holguras”, dando la posibilidad de usar losas postensadas para reducir el tiempo constructivo de encofrado, armado, vaciado de concreto y desencofrado, además de realizar vaciados de losa de concreto continuo en una sola jornada.

Figura 16. Centro comercial Jockey Plaza

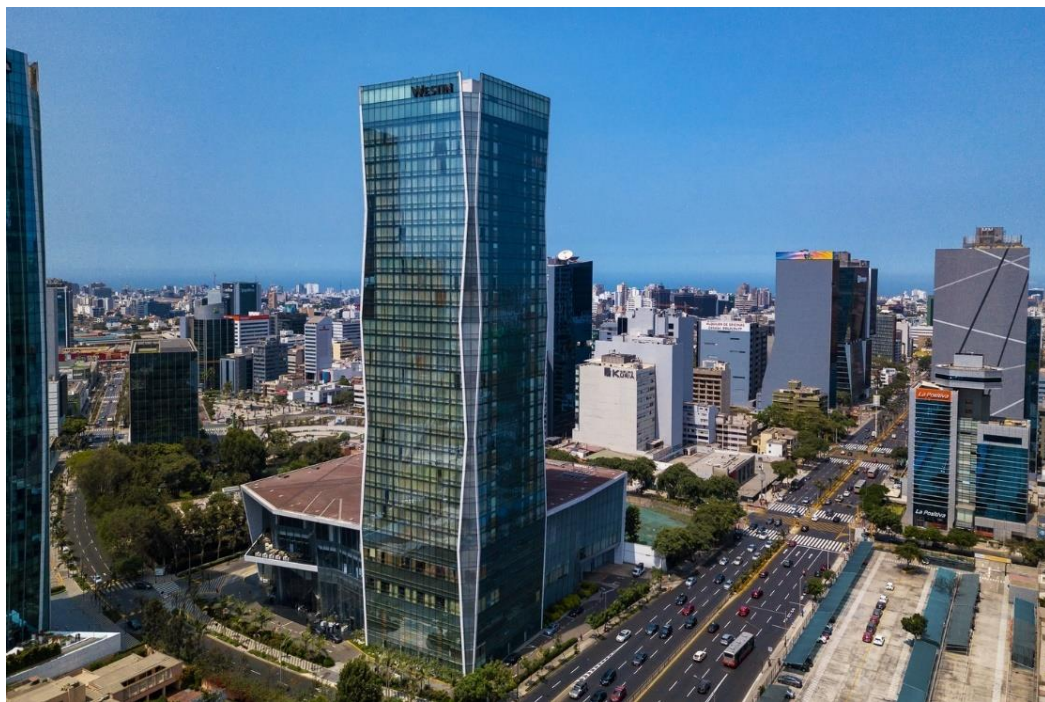


Fuente: Revista AIA (2017)

2.2.4.2. Hotel Westin Libertador

Ubicado en el distrito de San Isidro, Lima, construido por la empresa Graña y Montero en febrero de 2008, cuenta con un área construida de 72,000 m², con un sistema dual asimétrico, con muros de corte y columnas que forman pórticos en ambas direcciones de la planta, tienen volados de hasta 10 m por el cual se llegó a utilizar vigas postensadas de diferentes peraltes, además se utilizó vigas postensadas en losas de entre piso de 32 m de longitud aproximadamente.

Figura 17. Hotel Westin Libertador



Fuente: Página web Hotel Westin Libertador
(<https://www.libertador.com.pe>)

2.2.4.3. Torre del Banco de la Nación

Ubicado en el distrito de San Borja, Lima, construido por la empresa COSAPI en diciembre del 2013, ocupa un área de 3,815 m² y 140 m de altura, siendo el edificio más alto en el Perú. Las losas de entrepiso son losas planas postensadas, pero a partir del piso 14 debido al aumento de las luces libres, se optó por utilizar losas y vigas postensadas, así evitando aumentar el peralte de la losa.

Figura 18. Nueva Sede del Banco de la Nación



Fuente: Pagina web COSAPI (<https://www.cosapi.com.pe>)

2.2.4.4. Gran Teatro Nacional

Ubicado en el distrito de San Borja, Lima, construido por la empresa Graña y Montero en julio de 2010, dicho teatro tiene un área de 6,840 m² y cuenta con una capacidad para 1,500 personas, en su construcción se utilizó concreto postensado mediante vigas en la zona frontal teniendo ya que se tenía voladizos considerables.

Figura 19. Gran Teatro Nacional

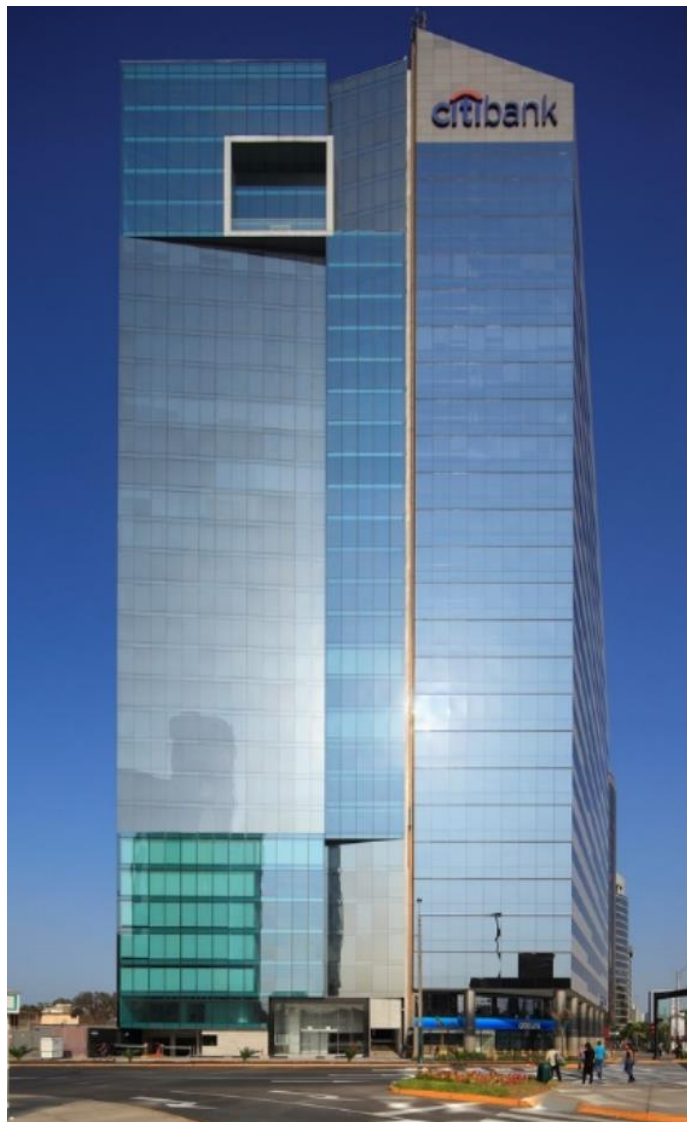


Fuente: Página web Gran Teatro Nacional (<https://granteatronacional.pe/nosotros/historia>)

2.2.4.5. Edificio Torre Barlovento

Ubicado en el distrito de San Isidro, Lima, construido por la empresa CyJ Constructores en febrero de 2013, dicho edificio ha sido proyectado con los estándares más altos para el cuidado del medio ambiente, ocupando un área de 1,140 m² y una altura de 102 m. En las losas de entrepiso se constituye por losas planas de concreto postensado y en caso de luces libres más amplias se le adiciona capiteles y vigas planas postensadas.

Figura 20. Torre Barlovento



Fuente: Pagina web Archdaily, 2017 (<https://www.archdaily.pe>)

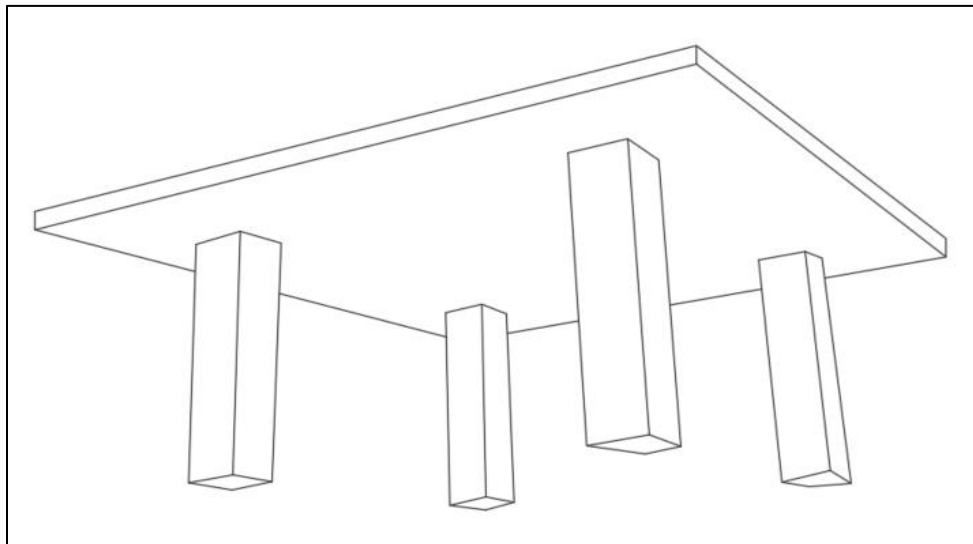
2.2.5. Geometrías comunes en Losas Postensadas.

A continuación, se detallarán cuatro tipos de geometría de losas postensadas:

1. Losas Planas: este tipo de sistemas tienen sus ventajas principalmente en la economía y facilidad del encofrado, la flexibilidad en la disposición de pilares y la forma plana de los techos, que asegura una muy buena estética y un sencillo trazado de instalaciones.

Su rango de longitudes de utilidad es aproximadamente entre 7 a 10m. No es adecuada su utilización en caso de que exista luces muy distintas en ambas direcciones, excepto que la dirección de mayor luz se realice postensada y la otra se haga armada. Este tipo de losa es mayormente usada en hoteles, oficinas, escuelas, hospitales y centros comerciales.

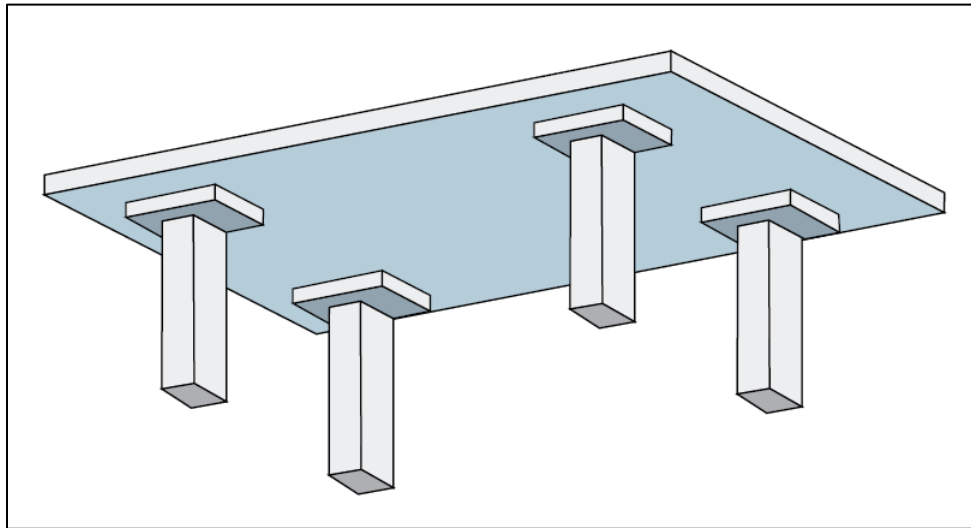
Figura 21. Losas Planas



Fuente: Agreda, L. & Guevara, R., Propuesta de una metodología constructiva de losas postensadas con adherencia en edificaciones (2019)

2. Losa Plana con Capitel o Ábacos: Este tipo de losas se encuentra sus ventajas en un aumento de la resistencia al punzonamiento, así como en un menor volumen de consumo de concreto para vanos importantes cuando se utilicen capiteles. Dicho tipo de losa puede llegar hasta 14m, teniendo luces libres más amplias y sufren con el problema de cortante de las columnas.

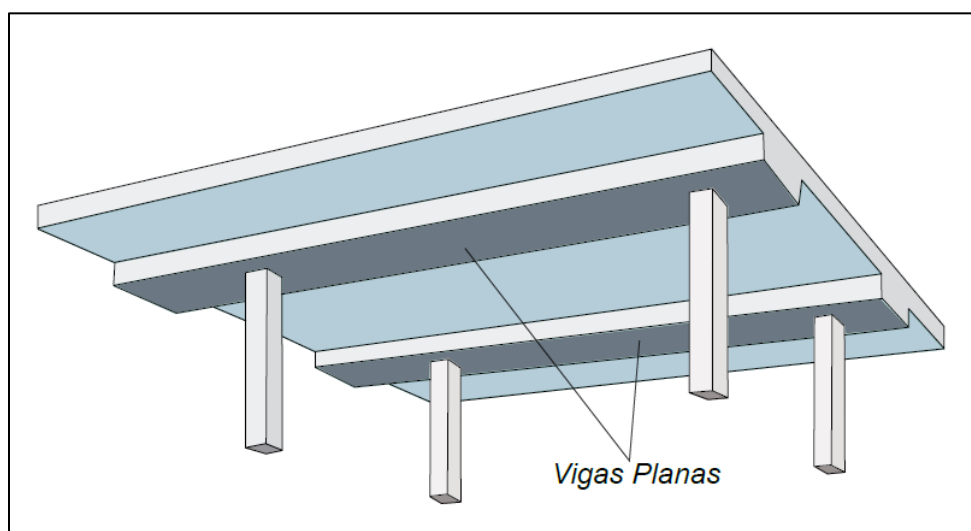
Figura 22. Losas Planas con Capiteles



Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos (2021)

- 3. Losa con Viga Plana Unidireccional:** Este caso de losa es muy común cuando las luces en una dirección son mayores a la otra dirección y las cargas vivas son muy elevadas. La viga plana puede cubrir luces de hasta 15m y la losa hasta 10m, debido a que los tendones se encuentran concentrados en las vigas y se distribuyen uniformemente en la losa.

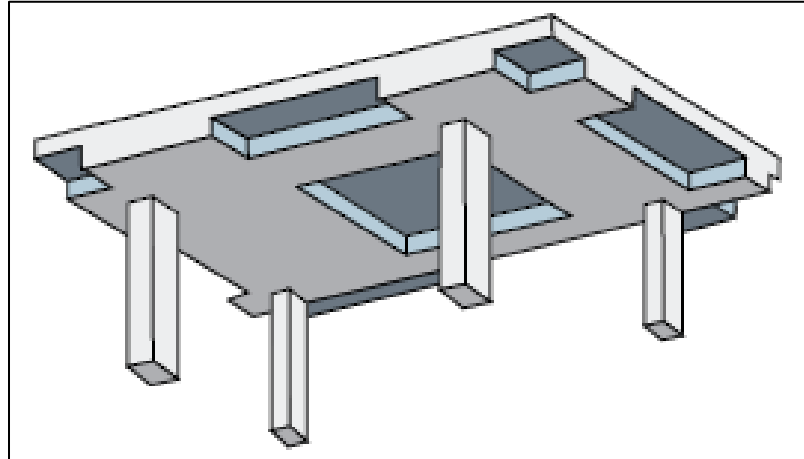
Figura 23. Losas con Vigas Planas



Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos (2021)

4. **Losa con Viga Plana Bidireccional:** Son losas que se pueden obtener grandes luces en ambas direcciones, es utilizada para cargas mayores a 1000kg/m² y puede cubrir hasta 15 metros de luz libre en ambas direcciones.

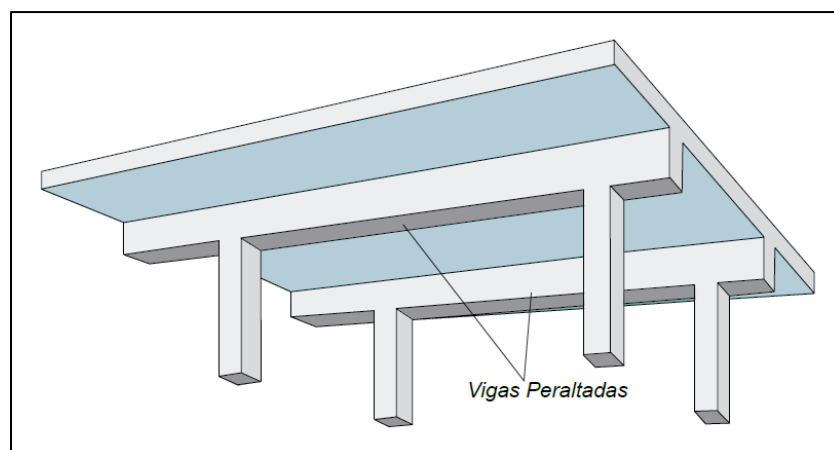
Figura 24. Losa con Viga Plana Bidireccional



Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos (2021)

5. **Losa con Viga Peraltada Unidireccional:** Dicha losa se utiliza cuando sus dimensiones en ambas direcciones son distintas, las vigas pueden cubrir luces de hasta 20 metros y recibir mayores cargas concentradas en comparación con las vigas planas.

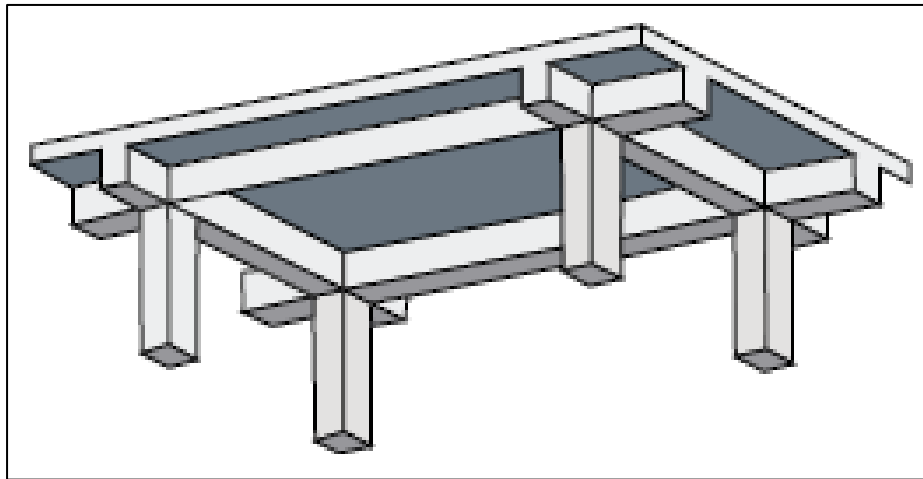
Figura 25. Losa con Viga Peraltada



Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos (2021)

- 6. Losa con Viga Peraltada Bidireccional:** Esta losa abarca una mayor capacidad de luces libres en ambas direcciones y puede aguantar grandes cargas concentradas, además se utiliza cuando se desea tener un espesor de losa pequeña. Dicha losa es mayormente utilizada en edificios públicos y oficinas.

Figura 26. Losa con Viga Peraltada Bidireccional

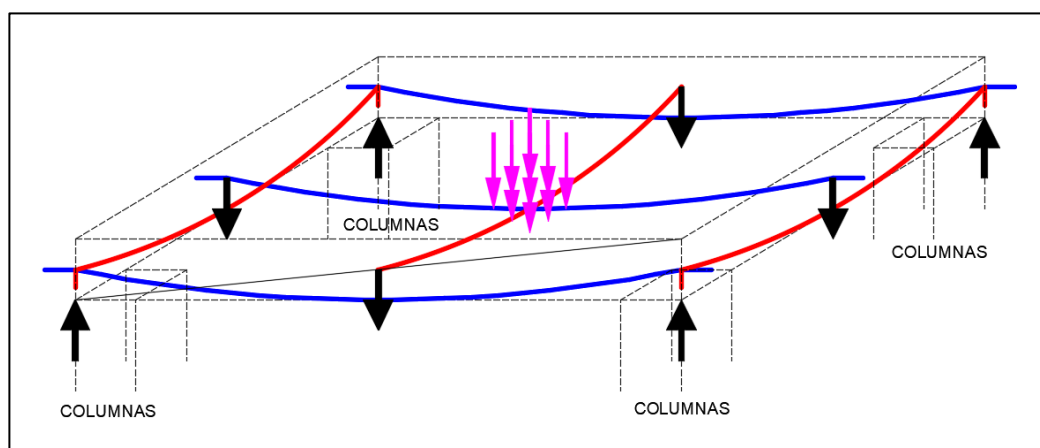


Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos (2021)

2.2.6. Sistema de Transmisión de Cargas en el Postensado

La transferencia de cargas se realiza mediante los tendones, trasladando las cargas de todo el tendón a sus soportes de extremo y luego estos extremos transfieren las cargas a las columnas, según se observa la Figura 24.

Figura 27. Sistema de transferencia de cargas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el sistema de transmisión de cargas, se han planteado 4 maneras de distribuir en planta los tendones, siendo analizado por flexión, cortante y punzonamiento.

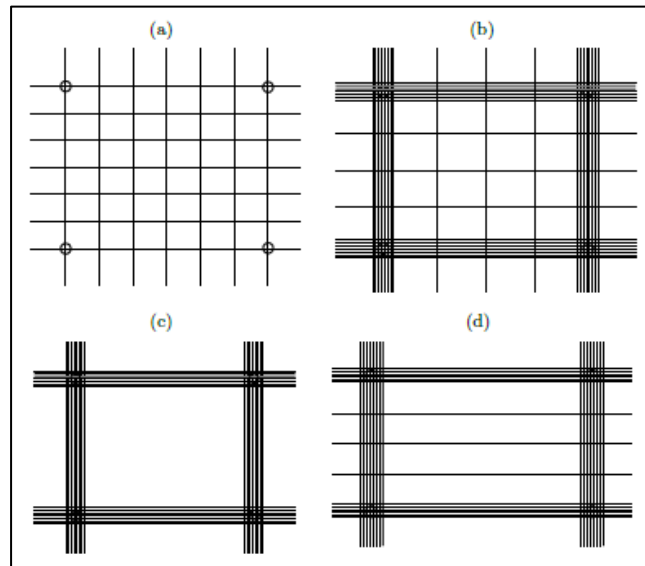
a) Distribuidos en dos direcciones. Los tendones están ubicados de manera equidistante en ambas direcciones, siendo muy eficiente estructuralmente al reducir deformaciones; en su montaje solo se debe evitar la superposición de los tendones en un mismo punto.

b) Concentrados y distribuidos en dos direcciones. Utilizado para losas postensadas en dos direcciones que tengan ambas dimensiones iguales generalmente; es de poco uso debido a la dificultad de su instalación.

c) Concentrados en dos direcciones. Tiene un mejor comportamiento frente a los esfuerzos de punzonamiento y de una relativa facilidad de instalación, pero es necesario de armadura para transmitir las cargas del centro de la losa hasta la línea de las columnas.

d) Concentrados en una dirección y distribuidos en la otra. Este sistema no tiene ninguna influencia bajo cargas de servicio, es la más utilizada por su simplicidad. En losas planas con distribución irregular de pilares, es la mejor manera de visualizar que toda la carga de la losa se transfiera a las columnas.

Figura 28. Disposición de tendones en planta



Fuente: Montes, E. & Yalli, J., Diseño estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos (2021)

2.2.7. Diseño de Losas Postensadas

El diseño de losas postensadas se realiza de acuerdo a las Normas Técnicas que existen para el diseño y construcción de estructuras de concreto, con la finalidad de evitar presentar fallas estructurales en las mismas como flexión, cortante y punzonamiento; en la presente investigación se utilizaron las normas peruanas como la E.020, E.030 y E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, así también se utilizaron normas extranjeras como la ACI 318, ACI 360 y ACI 302, las cuales ahondan más detalladamente en el concreto postensado.

2.2.7.1. Predimensionamiento de Losas Postensadas

Para realizar el predimensionamiento de losas postensadas, se toma en cuenta diferentes componentes de losas y vigas, para lo cual debemos tomar en cuenta factores como el sistema de transmisión de cargas, longitud de luces libres y forma de las losas. En los siguientes cuadros se detallará su predimensionamiento según el tipo de losa.

Tabla 4. Losas Planas

Losas Planas				
Luces	Predimensionamiento			Limitación
	Carga Liviana	Carga Mediana	Carga Pesada	
7.00 m – 10.00 m	L/45	L/40	L/35	Verificación al punzonamiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Losas Planas con Capiteles o Ábacos

Losas Planas con Capiteles o Ábacos				
Luces	Predimensionamiento			Limitación
	Carga Liviana	Carga Mediana	Carga Pesada	
10.00 m – 14.00 m	L/42	L/36	L/30	Concentración excesiva de armaduras
Luces	Capiteles			Uso
10.00 m – 12.00 m	$d = At / 4$ $d = At / 5$	$e = d - \text{Long. Col.}$		Solución al punzonamiento
Luces	Ábacos			Uso
12.00 m – 14.00 m	$d = At / 3$	$e = 3/4 H$		Cuando existen cargas vivas grandes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Losas con Viga Plana

Losa con Viga Plana Unidireccional y Bidireccional				
Luces	Predimensionamiento			Limitación
	Carga Liviana	Carga Mediana	Carga Pesada	
Hasta 10.00 m	L/45	L/40	L/35	Verificación al punzonamiento, concentración excesiva de armaduras y la flecha admisible.
Luces	Viga Plana			
Hasta 15.00 m	L/35	L/30	L/25	
	$d = At / 5$ $d = 3h$			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Losas con Viga Peraltada

Losa con Viga Peraltada Unidireccional y Bidireccional				
Luces	Predimensionamiento			Limitación
	Carga Liviana	Carga Mediana	Carga Pesada	
Hasta 10.00 m	L/45	L/40	L/35	Verificación al punzonamiento, concentración excesiva de armaduras y la flecha admisible.
Luces	Viga Peraltada Principal			
Hasta 20.00 m	L/28	L/23	L/18	
	$d = At / 15; d = h / 3$			
	Viga Peraltada Secundaria			
	L/30	L/25	L/20	
$d = At / 15; d = h / 3$				

Fuente: Elaboración propia

2.2.7.2. Diseño por Flexión

Las losas postensadas pueden diseñarse como aligeradas o macizas. Se establece que el diseño de estructuras con concreto postensado deben estar construidas por un sistema dual; el primer sistema generalmente se construye al perímetro del edificio como una estructura rígida que es capaz de resistir por sí mismo las fuerzas sísmicas. El segundo sistema de columnas con losa que tiene la finalidad de resistir las cargas gravitacionales y las deformaciones, producidas por las fuerzas de sismo. El análisis del sistema de losas postensadas se realiza mediante el método de marco equivalente y con los resultados obtenidos, se diseña por flexión y se revisa por fuerza cortante.

En la revisión de la conexión de columna y losa por penetración de la fuerza cortante, se determina que, al actuar una carga axial, se origina un estado uniforme de esfuerzos cortantes en la sección crítica que rodea a la columna teniendo una falla totalmente frágil. La falla se presenta cuando el esfuerzo uniforme alcanza el esfuerzo resistente a cortante por penetración del concreto. Al tener refuerzo por cortante en la conexión, la sección crítica se aleja de la columna y aumenta la resistencia de la conexión. Sin embargo, al actuar en la conexión una carga axial y un

momento flexionante, el estado de esfuerzos ya no es uniforme, y la resistencia se alcanza cuando el esfuerzo máximo en la sección crítica llega a ser igual al esfuerzo resistente del concreto.

Según el código ACI exige calcular las deflexiones de las losas postensadas, sin exceder ciertos parámetros proporcionados; tomando en cuenta el software ADAPT Builder para el análisis por flexión.

Tabla 8. Deflexiones admisibles

Tipo de miembro	Deflexión para considerar	Limitación en la deflexión
Cobertizos planos que no soportan o están ligadas a elementos no estructurales propensos a ser dañados por las grandes deflexiones	Deflexión inmediata debida a la carga viva L.	1/180
Pisos que no soportan o están ligados a elementos no estructurales propensos a ser dañados por las grandes deflexiones	Deflexión inmediata debido a la carga viva L	1/360
Construcción de cobertizo o piso que soporta o está ligado a elementos no estructurales propensos a ser dañados por las grandes deflexiones	Aquella parte de la deflexión total que ocurre después de la colocación de los elementos no estructurales, la suma de la deflexión de	1/480
Construcción de cobertizo o piso que soporta o está ligado a elementos no estructurales que no son propensos de dañarse por las grandes deflexiones.	larga duración debida a todas las cargas sostenidas y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional.	1/240

Fuente: González, A. & Herbozo, L. *Propuesta de Peralte de Losas Postensadas como parte del sistema lateral para Edificios Altos con Núcleo.* (2019)

2.2.7.3. Diseño por Cortante

El diseño por cortante para losas postensadas tiene el objetivo de analizar desplazamientos laterales inducidos por sismo mientras soportan cargas verticales, para así evitar la falla de penetración por cortante. Mediante la excentricidad de la fuerza cortante se determina el momento que puede transferir la conexión de columna y losa.

Las losas de concreto presforzado se diseñan para cargas muertas y vivas uniformemente distribuidas sobre la superficie. El refuerzo principal para las losas postensadas viene a ser los tendones, siendo distribuidos según las cargas, luces libres y peraltes de cada losa.

Losa en una dirección: El funcionamiento estructural de la losa ocurre en la dirección perpendicular a los apoyos. En el balanceo de cargas, se debe considerar un cable parabólico para la carga uniformemente distribuida.

El código ACI nos indica relaciones mínimas de área de refuerzo con área total de concreto, teniendo como relación mínima 0.0014.

- Losas con varillas corrugadas de grado 40 o 50: 0.0020
- Losas con varillas corrugadas de grado 60 o malla de alambre soldada: 0.0018
- Losas que utilizan refuerzo con resistencia a la fluencia que sobrepasa las 60,000 lb/pulg², medida para una deformación de fluencia de 35%:
 $(0.0018 * 60000) / f_y$

Una de las soluciones para evitar el agrietamiento de las losas es usar paralelo a los ejes de apoyo los tendones postensados, proporcionando un esfuerzo de compresión uniforme, teniendo como compresión mínima en el concreto 8.79 kg/cm² (125 lb/pulg²).

Losa en dos direcciones: Este tipo de losa se puede apoyar en muros o vigas relativamente rígidas. Cualquier parte de la losa es curva y por lo tanto existen momentos en dos direcciones y así mismo existen en ambas direcciones los tendones de refuerzo paralelos a los bordes de la losa.

Este tipo de losas en dos direcciones producen momentos de torsión y de flexión, los momentos de flexión se reducen con los momentos torsionantes internos desarrollados.

2.2.7.4. Diseño por Punzonamiento

Al apoyar una losa sobre un pilar se produce una tensión sobre la superficie de apoyo que puede malograr la estructura. La carga de toda el área tributaria de la losa se traslada al pilar, siendo esta carga el normal del pilar, **N**. Dicha normal es la carga superficial por el área (**N= q. A**).

Se produce en el borde de un área **A'**, dentro del área **A** una reacción a la normal **N**, siendo este una tensión tangencial de punzonamiento, **Fp**. La tensión tangencial aumenta para equilibrar la estructura cuando menor es el área **A'**, de lado **L**, debido a que la carga sobre el área es menor. Por lo tanto, se deberá compensar el normal **N** con el aumento de la tensión en el perímetro del área.

El sistema está en equilibrio si **Fp < d.fcv** (siendo **fcv** la resistencia del concreto a cortante y **d** el canto de la losa), esto quiere decir que la resistencia del concreto es capaz de asumir el esfuerzo tangencial, pero cuando mayor es el normal y menor la sección del pilar, tiende a crecer la tensión tangencial.

No se puede confundir la tensión tangencial de punzonamiento con el momento negativo que producen las losas y vigas en el empotramiento sobre columnas. El punzonamiento es una tensión que se produce entre elementos planos con elementos lineales.

2.2.8. Especificaciones para Losas Postensadas

Las especificaciones técnicas son una parte importante de cualquier proyecto, ya que aseguran un desempeño aceptable de las estructuras postensadas, siguiendo un conjunto de normas y códigos de práctica. Dichas especificaciones para el postensado deben detallar los requisitos para los materiales, fabricación e instalación de los tendones en la estructura y en algunos casos el profesional complementar ciertos requisitos adicionales.

Las siguientes especificaciones para el sistema adherido y no adherido han sido extraídas del libro Post-Tensioning Manual del Instituto del Postensado (PTI).

2.2.8.1. Especificaciones para el Sistema No Adherido

- **Fabricación:** Es esencial la calidad de los tendones para garantizar una buena instalación. Se debe detallar en las especificaciones del proyecto los requisitos de fabricación y certificaciones de la planta de fabricación requeridas por el PTI y ACI.
- **Manipulación y Almacenamiento:** Se debe asegurar los tendones en paquetes con materiales de vendaje que no dañen el revestimiento, ya que podría incrustarse humedad en el tendón.
- **Recubrimiento:** El recubrimiento debe tener propiedades para proteger de la corrosión y humedad como especifica la **Tabla 9**.

Tabla 9. Tolerancias Típicas

Profundidad del miembro	Desviación del perfil de diseño del tendón
Concreto elevado con profundidades menores o iguales a 8 pulg. (200 mm)	¼ pulg. (6mm)
Concreto elevado con profundidades mayores a 8 pulg. (200 mm) y menores a 24 pulg. (610 mm)	3/8 pulg. (9.5mm)
Concreto elevado con profundidades superiores a 24 pulg. (610 mm)	½ pulg. (13mm)
Losas sobre suelo con losas nervadas con cantos superiores a 4,5 pulg. (114 mm)	Tercio medio del espesor de la losa
Losas sobre suelo con losas nervadas con cantos inferiores a 4,5 pulg. (114 mm)	Mitad media del espesor de la losa
Losas sobre suelo de espesor uniforme	1/2 pulg. de espesor de losa que no exceda 1 pulg. (25 mm)

Fuente: Post-Tensioning Manual: PTI Post-Tensioning Institute.

- **Sistema de Apoyo:** Los tendones deben estar soportado de manera que no dañen el revestimiento. Los soportes deben estar separados en distancias que no excedan 1.20 m.
- **Acabado de Tendones:** Las colas de los tendones no se deben cortar hasta que se haya aprobado los alargamientos medios; la longitud sobresalida del torón después de cortar la cola debe ser más allá de las cuñas, entre 15 mm y 20 mm.
- **Colocación de Concreto:** Durante el vaciado se debe asegurar la posición de los tendones y en caso exista algún movimiento, deben volver ajustarse en su posición correcta.

2.2.8.2. Especificaciones para el Sistema Adherido

- **Anclajes de Torones Múltiples:** Los anclajes se ubican en zonas críticas de la estructura, por lo tanto, se debe colocar exactamente como indican los planos. Los anclajes y cuñas deben estar limpias y estar protegidas durante el manejo y la instalación.
- **Manejo y Almacenamiento:** Se debe rechazar torones con óxido excesivo y evitar el uso de inhibidores de la corrosión, excepto en áreas con alta humedad.
- **Conductos:** Deben estar correctamente ajustados para evitar la entrada de cemento y suficientemente fuertes para conservar su forma y resistir manejos bruscos o la colocación del concreto.
- **Grosor de la pared del Conducto:** El espesor debe ser adecuado para resistir la presión de la lechada y las manipulaciones durante su instalación.
- **Diámetro del Conducto:** Su diámetro interno depende del área transversal nominal del acero de presfuerzo como indica la **Tabla 10** para varios tipos de tendones. En caso de espacios reducidos el área mínima del conducto puede reducirse a 2 veces el área de presfuerzo.

Tabla 10. Área Interna Nominal Mínima del Ducto

Tipo de tendón	Área Interna Nominal del Ducto
Método de colocación de hilos a presión	2,25 veces el área de acero pretensado
Método de colocación de tracción de hebras	2,5 veces el área de acero pretensado
Barra de presfuerzo simple	6 mm (0,25 pulg.) más grande que el diámetro exterior de la barra
Tendones cortos (menor o igual a 30 m)	2,0 veces el área de acero pretensado

Fuente: Post-Tensioning Manual: PTI Post-Tensioning Institute.

- **Protección de Conductos:** Los conductos deberán estar protegidos contra aplastamiento, flexión excesiva, contaminación y elementos corrosivos durante el transporte, almacenamiento y manipulación.
- **Reparación de Ductos:** Los ductos deben sellarse con cinta o empalmado un acoplador de ductos sobre la sección dañada para formar un sello que evite que la pasta de cemento ingrese a los ductos durante la colocación del concreto y para evitar fugas durante las operaciones de lechada.
- **Espaciamiento de soporte de Conductos:** Los soportes de los conductos deben construirse según las especificaciones del proyecto y no deben exceder los valores de la **Tabla 11**.

Tabla 11. Espaciado máximo recomendado de soportes de conductos

Tipo de conducto	Espaciado máximo de soporte
Conducto redondo de metal galvanizado	1.22 m (4ft)
Conducto redondo de HDPE (sin hilos instalados en el conducto antes de colocar el concreto)	0.61 m (2ft)
Conducto plano HDPE (cordón instalado en conducto)	0.61 m (2ft)
Conducto plano de HDPE (sin hilos instalados)	0.305 m (1ft)

Fuente: Post-Tensioning Manual: PTI Post-Tensioning Institute.

- **Lechada:** Es esencial para asegurar que los tendones, el ducto y el concreto estén unidos integralmente y funcionen como una unidad estructural. La lechada también brinda protección contra la corrosión a los tendones y es una parte fundamental para garantizar la durabilidad de una estructura postensada.
- **Aditivos:** Se pueden usar con lechada y brindan varias ventajas como el control de fraguado, reducción de agua, incorporación de aire, control de sangrado, control de volumen, inhibición de la corrosión y bombeabilidad.
- **Equipos de Inyección:** Consta de dispositivos de medición de agua, cemento y aditivos, un mezclador, una tolva de almacenamiento y una bomba con todas las mangueras de conexión, válvulas, manómetro y equipo de prueba necesarios. La capacidad del equipo debe ser lo suficientemente grande para asegurar que el ducto o ductos de postensado o ductos a inyectar puedan ser llenados y ventilados sin interrupción a la tasa de inyección requerida. En condiciones normales, el equipo de cementación deberá ser capaz de cementar continuamente el

tendón más largo del proyecto en no más de 30 minutos una vez que haya comenzado la mezcla.

2.2.8.3. Tipos de Concreto para el Concreto Postensado

En el sistema postensado se debe cumplir con un concreto de resistencia que oscilen entre 280 kg/cm² y 500 kg/cm² tal que en las etapas de carga no se sobrepasen los esfuerzos admisibles de tensión y compresión.

El concreto postensado a diferencia del concreto pretensada puede seguir ganando resistencia una vez desencofrado, optimizando en gran porcentaje la producción.

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Concreto:** también conocida como Hormigón en otros países, es una mezcla de materiales entre cemento, agregado grueso, agregado fino y agua, que al combinarse se utiliza con aglutinante en las construcciones.
- **Concreto Armado:** es un tipo de concreto en el que se le adiciona o incrusta el acero, de tal manera que al unirse actúan como un complemento ante las fuerzas de resistencia; el acero absorbe perfectamente los esfuerzos de tracción, mientras que el concreto resiste los esfuerzos de compresión.
- **Concreto Presforzado:** es otro tipo de concreto no común en nuestro país, el cual consiste en producir un tensado de cables entre anclajes externos antes o después de realizar el vaciado de concreto.
- **Pretensado:** es un método que se encuentra incluido en el concreto presforzado, donde se aplica los esfuerzos a los cables de acero antes del vaciado de concreto.
- **Postensado:** es un método que también se encuentra incluido en el concreto presforzado, donde se aplica los esfuerzos a los cables de acero después del vaciado de concreto.

- **Postensado Adherido:** es el sistema el cuál los cables de postensado luego de tensar, se le inyecta una lechada y al final permanece adherido al concreto que conforma la estructura.
- **Postensado No Adherido:** es el sistema el cuál los cables de postensado luego de tensar, no se adhieren al concreto que conforma la estructura.
- **Losa:** son elementos estructurales de sección transversal rectangular, que puede ser de concreto armado o de materiales prefabricados, poco espesor, conforma un gran porcentaje de la superficie del piso y que sirve para construcciones de pisos y techos en edificaciones.
- **Acero de Presfuerzo:** también llamado tendones, es un cable de acero constituido por alambres entrelazados de manera helicoidal, dichos cables tienen la finalidad de trabajar a tensión.

Tabla 12. Propiedades de cables Comerciales en el Perú

Diámetro		Grado	Acabado	Peso Aprox. por metro	Resistencia Mínima	Área Nominal	Elongación (%)
mm	in	Ksi		Kg/km	kN	mm ²	Min.
6.35	¼	250	DESN / BARE	182	40.0	23.2	3.5
9.53	3/8	270	DESN / BARE	432	102.3	54.8	3.5
12.70	½	270	DESN / BARE	780	183.7	98.7	3.5
12.70	½	270	GALV	780	183.7	98.7	3.5
12.70	½	270	EXTR	860	183.7	98.7	3.5
15.24	0.6	270	DESN / BARE	1102	260.7	140.0	3.5
15.24	0.6	250	GALV	1221	240.2	140.0	3.5
15.24	0.6	250	EXTR	1221	240.2	140.0	3.5

Fuente: POSTENSA S.A.C. (2017)

- **Anclajes Activos:** es el punto por donde se le aplica el esfuerzo o tensado a los cables con la ayuda del gato hidráulico.

- **Anclajes Pasivos:** son los anclajes que se encuentra empotrados en el otro extremo de la losa de concreto y recibe la carga de presfuerzo a través de los tendones que han sido tensados por el gato hidráulico.
- **Soportes:** tienen la función de fijar la trayectoria de los cables y evitar durante el vaciado del concreto algún movimiento, que se desplace o generen una curva; deben ser lo suficientemente sólidos para resistir.
- **Encofrado:** es un sistema de moldes formado por un conjunto de planchas metálicas o de madera, que pueden ser temporales o permanentes y tienen como utilidad dar forma al concreto hasta que llegue a su óptimo fraguado.
- **Lechada:** es una mezcla de agua, cemento y arena fina, en algunos casos se le agrega algún aditivo; sirve para cubrir adecuadamente la conexión del concreto y el cable del postensado a través de una inyección en el ducto.
- **PTI (Post-Tensioning Institute):** es un instituto que se dedica promover la investigación de diseños y avanzar la industria del postensado, siendo su prioridad para reforzar las estructuras.
- **ACI (American Concrete Institute):** es una sociedad técnica y educacional sin ningún fin de lucro perteneciente a los Estados Unidos, que tiene como finalidad impulsar el diseño, la construcción y la fabricación de nuevos materiales, así como brindar programas de capacitación y certificación.
- **ASTM (American Society for Testing and Materials):** es una organización que desarrolla y publica acuerdos de normas técnicas para una gama de materiales, sistemas y servicios.

- **AASHTO (Asociación Estadounidense de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte):** Explica el suministro, la colocación y el tensado de acero presforzado para hormigón prefabricado y colado in situ. La especificación proporciona criterios de desempeño para anclajes de extremos y acopladores utilizados para sistemas adheridos y no adheridos. También se incluyen pruebas de desempeño para miembros sujetos a cargas cíclicas, sostenidas y monótonas. La especificación incluye varios requisitos para la colocación de conductos, acero postensado y hardware de anclaje.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Las losas postensadas con el sistema no adherido optimizan el diseño estructural del centro cultural ubicado en la Provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- H1: Con el programa ADAPT Builder 2015 permite conocer la distribución de los cables para identificar el comportamiento de las losas postensadas en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles.
- H2: Las columnas de concreto armado utilizando losas postensadas con el sistema no adherido cumplen con los requisitos de diseño a cortante, flexión y punzonamiento en un centro cultural de tres niveles.
- H3: Utilizar losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles resulta viable ya que reduce sus costos de aplicación tanto a corto y largo plazo, además de dar una mejora estructural.

CAPÍTULO III

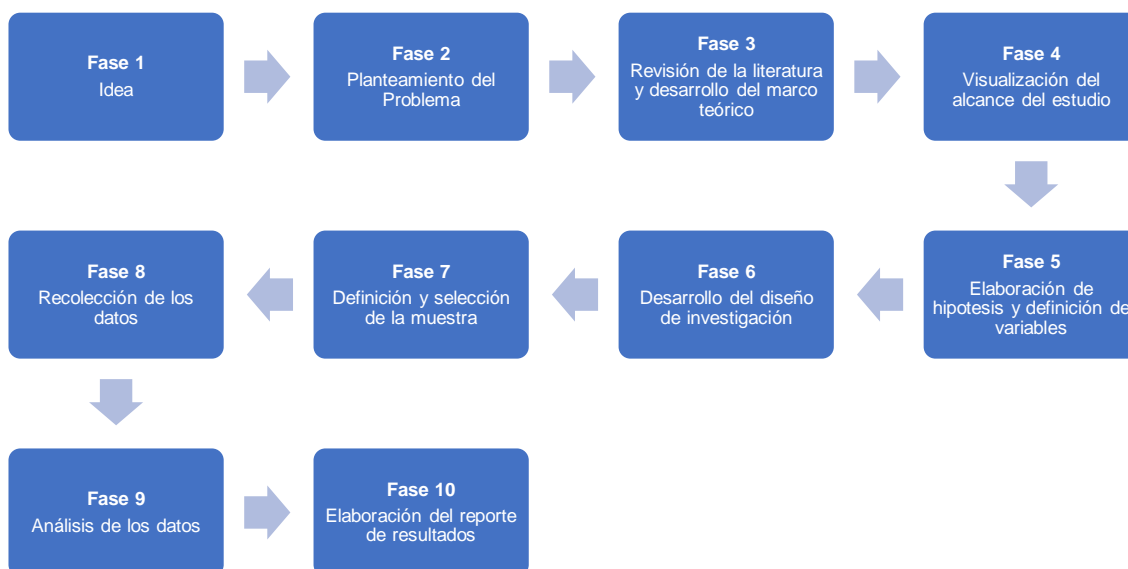
METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

3.1.1. Enfoque de la Investigación

El presente trabajo de tesis se encuentra en la clasificación como una investigación metodológica de enfoque cuantitativo, debido a que tiene como características, utilizar estadísticas, hacer prueba de hipótesis y teoría, mide fenómenos y tiene un proceso deductivo, secuencial y analiza la realidad objetiva de dicho proyecto. Con el tipo de investigación cuantitativa da como ventaja generalizar resultados, tener precisión y una buena predicción. Sampieri (2014) explica que el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, donde tiene etapas en un determinado orden que impide eludir pasos, pero si redefinir alguna etapa según la forma que tiene la investigación a darse.

Figura 29. Proceso Cuantitativo



Fuente: Metodología de la Investigación, Sampieri (2014)

Según los tipos de planteamientos cuantitativos que menciona Sampieri en su libro, el presente tema de investigación se inclina por dos tipos, los cuales son evaluar e interpretar; evaluar debido a que es necesario

establecer criterios claros de valoración para que luego se explique cómo se relaciona el problema; interpretar es otro de los tipos de planteamiento cuantitativo que se aplicará ya que se analizará el significado e implicancias del problema de investigación.

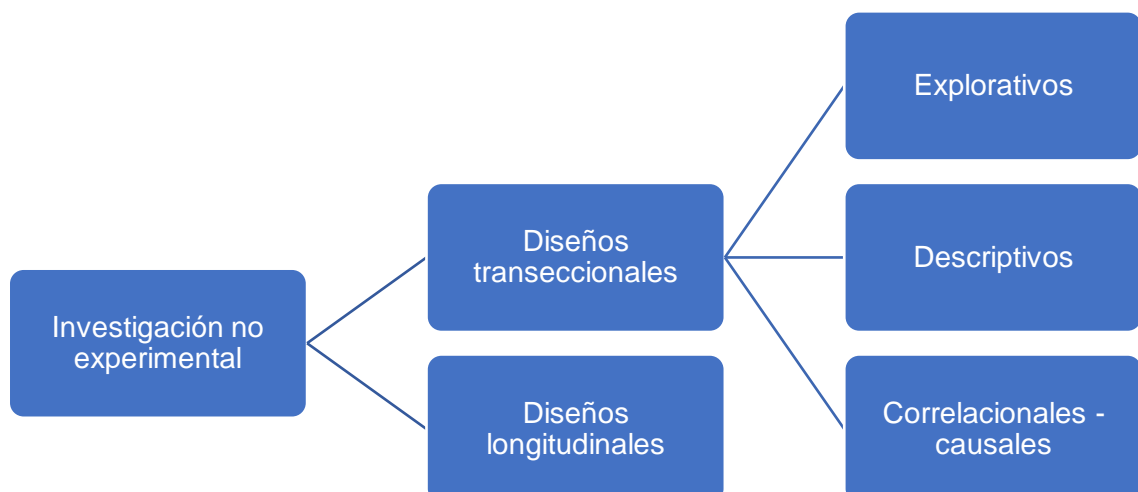
3.1.2. Tipo de Investigación

El estudio tiene una orientación **aplicativa**, porque busca generar soluciones prácticas de acuerdo con las necesidades del diseño estructural de un Centro Cultural en la provincia de Cutervo, a partir de los conocimientos teóricos obtenidos por investigadores enfocados en el concreto presforzado.

3.1.3. Diseño de Investigación

Para obtener la información que se necesita en la investigación y poder responder al planteamiento, se debe hacer un diseño de investigación para analizar la veracidad de las hipótesis formuladas o para aportar evidencias de los lineamientos de la investigación, dicho diseño se clasifica en diseño experimental y no experimental. En este tema de investigación se utilizará el diseño **no experimental transversal** ya que se realizará la investigación sin manipular exageradamente las variables, evaluando el comportamiento estructural de las losas postensadas siguiendo los parámetros normativos.

Figura 30. Clasificación de la investigación no experimental



Fuente: Metodología de la Investigación, Sampieri (2014)

3.1.4. Alcance o Nivel de la Investigación

El alcance del presente tema de investigación es **descriptivo**, el cual consiste en detallar y describir cómo es y cómo se manifiestan situaciones y contextos.

El alcance descriptivo tiene como finalidad detallar las propiedades y las características de procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se necesite realizar un análisis; esto quiere decir que pretenden de manera independiente o en conjunto recoger y medir información sobre los conceptos o las variables a las que se refieren.

Por lo tanto, en el diseño estructural del Centro Cultural de tres niveles, al ser una investigación de nivel descriptiva se especifican cargas, fuerzas, características y propiedades que actúen sobre dicha estructura y ser estudiadas bajo normas y códigos permisibles dados.

Tabla 13. Propósitos y valor del alcance descriptivo

Alcance	Propósito de la Investigación	Valor
Descriptivo	Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.	Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

Fuente: Metodología de la Investigación, Sampieri (2014)

En resumen, el presente tema de investigación es de enfoque cuantitativo, debido a que se utilizarán técnicas de investigación y diseño en el diseño estructural del Centro Cultural de tres niveles con losas postensadas no adheridas.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

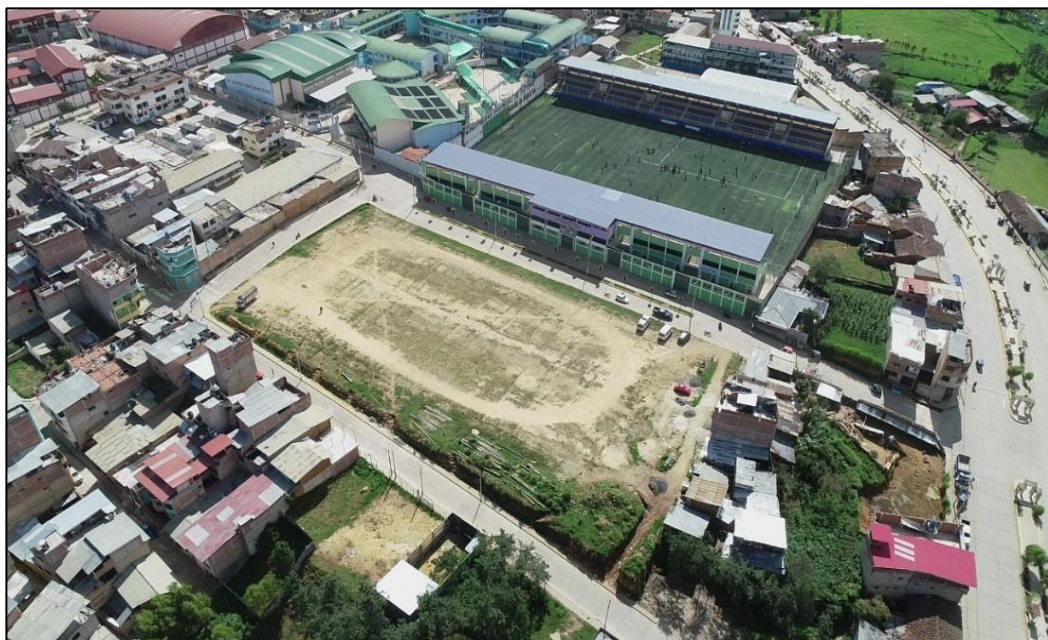
Para la presente investigación el universo poblacional corresponde a Edificaciones de uso público con losas de entrepiso utilizando Concreto Postensado, diseñados o construidos en el Perú.

3.2.2. Muestra

Se obtiene una muestra la cual es el Diseño Estructural de Losas Postensadas con el sistema no adherido aplicado en un Centro Cultural de tres niveles, el cual está ubicado en la provincia de Cutervo, siendo rodeado dicho terreno por las calles, Jr. Progreso, Jr. Unión, Jr. Ica y Av. Salomón Vílchez Murga, teniendo un área de 7,634.31 m² y un perímetro de 366.79 m.

En el siglo pasado, esta área de terreno fue utilizado como cementerio llamado "Lirios de la Paz", donde fueron sepultados los restos de varias generaciones de cutervinos y cutervinas; personajes ilustres que trazaron la historia de la provincia y que tras su demolición solo ha venido siendo utilizado como playa de estacionamiento, teniendo como idea proponer un Centro Cultural que aflore la historia de la ciudad tanto en el arte como en la cultura.

Figura 31. Vista área de la ubicación del terreno



Fuente: Material fotográfico propio

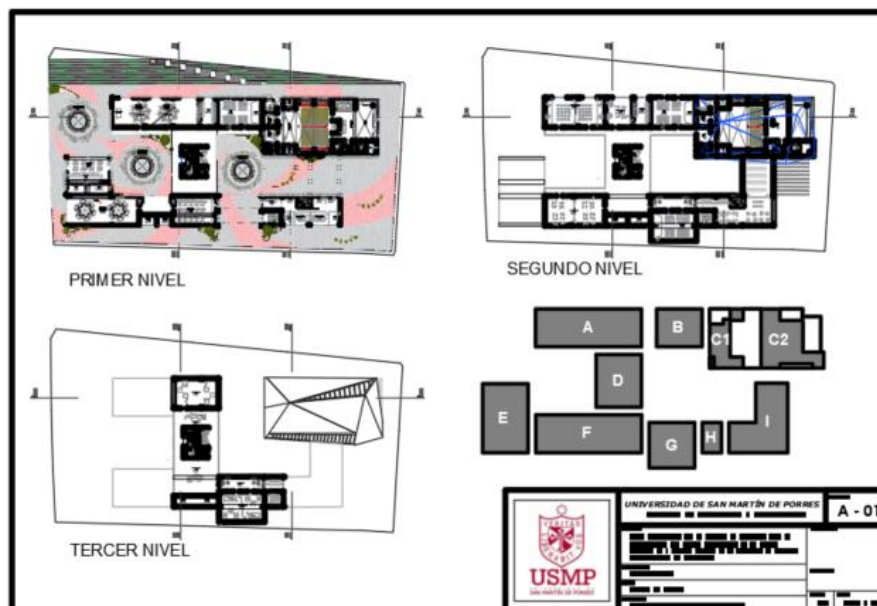
Figura 32. Localización de Estudio



Fuente: Google Earth

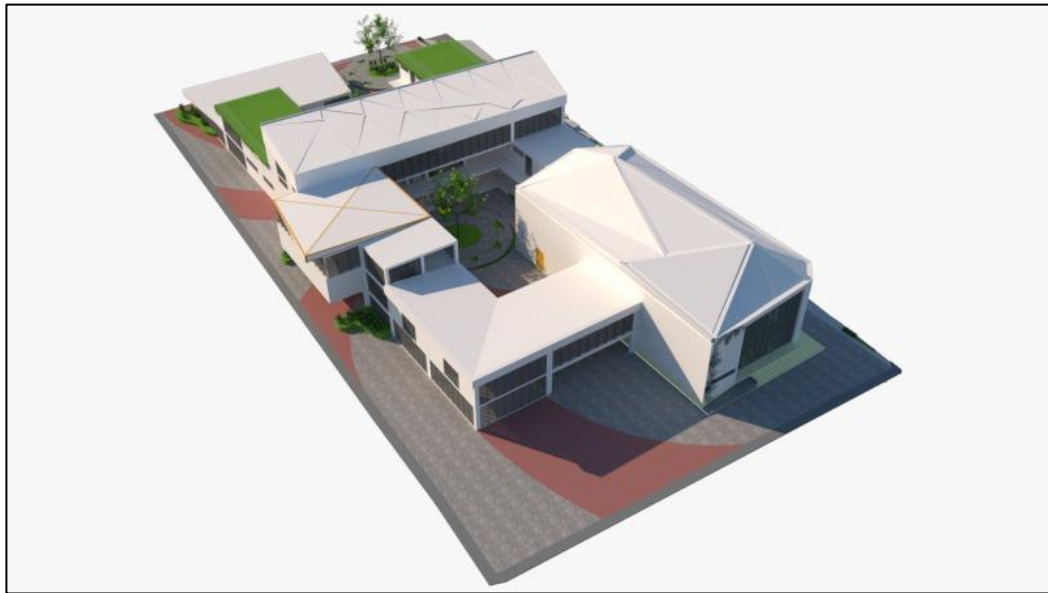
La infraestructura cuenta con un área para administrativos, un auditorio, una biblioteca, una videoteca, áreas de exposición, ambientes para talleres de pintura y escultura, sala de música y cafetería, donde todas estas áreas de acuerdo con su necesidad cuentan con luces libres amplias para aplicar el diseño de losas postensadas, siendo dicha área techada de postensado 5,474.43 m² y un área de losa maciza de concreto armado de 95.25 m² aproximadamente.

Figura 33. Planos Arquitectónicos de Centro Cultural



Fuente: Planos de la Especialidad de Arquitectura.

Figura 34. Vista 3D del Centro Cultural



Fuente: Renders de la Especialidad de Arquitectura

3.3. Instrumentos de Recolección de Datos

3.3.1. Técnica

En el presente trabajo de investigación se realizó la técnica de trabajo de campo y gabinete, debido a que se tuvo que visitar el terreno donde se plantea el proyecto y realizar el levantamiento topográfico, seguidamente de un trabajo de diseño estructural.

3.3.2. Instrumentos de recolección

Observación. Para analizar los procesos, comportamientos estructurales y resultados del diseño propuesto.

Equipos. En este caso se usa para el levantamiento topográfico con estación total y así extraer la información correspondiente del terreno obteniendo su ubicación, curvas de nivel, área, perímetro, entre otros. Además de una cámara fotográfica para evidenciar cada proceso.

Encuestas. Realizado a 10 ingenieros especialistas para obtener opiniones e información, para determinar o validar la problemática.

Material. Recopilación y revisión de referencias bibliográficas, empleo de normas para cumplir parámetros mínimos de diseño y softwares que permitan obtener datos del comportamiento de la estructura.

3.4. Procedimiento

Recolección y Procesamiento de Investigación. Se realizó el levantamiento topográfico correspondiente del terreno, seguido de la obtención de los planos arquitectónicos (planos en planta de distribución, planos de corte y planos de elevaciones), planos estructurales (planos de losas, detalles de columnas, etc); además de la recopilación de información bibliográfica relacionada con el sistema de diseño.

Desarrollo de la investigación. Se empezó con el predimensionamiento de la estructura, tanto de vigas, columnas y losas. Luego del predimensionamiento se realiza el diseño de las losas postensadas con la ayuda del programa ADAPT Builder para el modelado de las estructuras, seguido del análisis estructural de cada losa postensada con el método de elementos finitos, realizando sus comprobaciones tanto por flexión cortante y punzonamiento; al terminar el diseño estructural se realiza el presupuesto de aplicación y finalmente se elaboran los planos estructurales.

Comparación y discusión de resultados. Al tener el diseño estructural culminado, se procede a comparar y analizar los resultados y hacer una comparativa con el método de diseño tradicional en losas de entrepiso para obtener la optimización del concreto postensado en el Centro Cultural.

3.5. Variables

Las variables para utilizar en esta investigación, tanto la variable dependiente como independiente, son de tipo cuantitativo ya que puede ser medido numéricamente y también de tipo ordinal ya que para su aplicación se requiere de un orden.

“Losas Postensadas con el sistema No Adherido, para la Optimización del Diseño Estructural de un Centro Cultural de tres niveles, ubicado en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca”

- **Losas Postensadas con el sistema No Adherido:** es la variable independiente de tipo cuantitativo ordinal.
- **Optimización del Diseño Estructural de un Centro Cultural de tres niveles:** es la variable dependiente de tipo cuantitativo ordinal.

3.5.1. Variable Dependiente

La variable dependiente se define como la Optimización del Diseño Estructural de un Centro Cultural de tres niveles.

Tabla 14. Variable Dependiente

VARIABLE	INDICADORES
Optimización del Diseño Estructural de un Centro Cultural de tres niveles	<ul style="list-style-type: none"> • Predimensionamiento de la estructura • Modelamiento y análisis estructural • Costo y presupuesto de la estructura

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.2. Variable Independiente

La variable independiente se define como Losas Postensadas con el Sistema No Adherido.

Tabla 15. Variable Independiente

VARIABLE	INDICADORES
Losas Postensadas con el Sistema No Adherido	<ul style="list-style-type: none"> • Predimensionamiento de losas postensadas • Aplicación del sistema no adherido • Diseño de losas planas, con viga peraltada, unidireccional o postensado.

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3. Operacionalización de Variables

En la siguiente tabla se muestra la operacionalización de las variables dependiente e independiente.

Tabla 16. Operacionalización de Variables

Variables		
Variable Independiente	Dimensión	Indicadores
Losas Postensadas con el Sistema No Adherido	Predimensionamiento de Losas Postensadas	<ul style="list-style-type: none"> • Norma ACI 318 • Norma E.060
	Aplicación del Sistema No Adherido	<ul style="list-style-type: none"> • Norma ASTM A421 • Método de Elementos Finitos
	Diseño de losas planas, con viga peraltada, unidireccional o postensado	<ul style="list-style-type: none"> • Carga Viva • Carga Muerta • Análisis por Flexión
Variable Dependiente	Dimensión	Indicadores
Optimización del Diseño Estructural de un Centro Cultural de tres niveles	Predimensionamiento de la Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Norma E.060
	Modelamiento y Análisis Estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis por Sismo • Análisis por Cortante • Análisis por Punzonamiento
	Costo y presupuesto de la Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Precios Unitarios • Presupuesto • Costo unitario

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

4.1. Ubicación de la Estructura Planteada

La presente infraestructura del Centro Cultural se plantea en la ciudad de Cutervo, región Cajamarca, colindando con las calles Jr. Progreso, Jr. Unión, Jr. Ica y Av. Salomón Vílchez Murga; ha sido dividido en 9 bloques para un mejor comportamiento estructural, dichos bloques constan de diferentes ambientes en los cuales se utilizará 5,474.43 m² de área techada con concreto postensado y 95.25 m² de área techada con concreto armado.

Figura 35. Ubicación del Proyecto lado Oeste



Fuente: Material fotográfico propio

Su zonificación del terreno se definiría como una habilitación recreacional ya que en su entorno se encuentra el Estadio Municipal “Juan Maldonado Gamarra”, además de esto se definiría también como una zona residencial de densidad media (RDM) ya que en el resto de su entorno se encuentran viviendas con ciertos parámetros urbanísticos. Su ubicación se encuentra en un lugar estratégico ya que adicional al estadio municipal, también se encuentran cercano al proyecto el Colegio Emblemático “Toribio Casanova”, el Hospital del MINSA “Santa María”, el Colegio Emblemático “Nuestra Señora de la Asunción”, la I.E.

10236, el Instituto Superior Tecnológico Cutervo y la avenida principal “Salomón Vílchez Murga”

4.2. Descripción de Ambientes

En la **Tabla 16** se detalla los ambientes que se han considerado en el proyecto del Centro Cultural, siendo estos distribuidos en 9 bloques, para un mejor comportamiento estructural.

Tabla 17. Descripción de ambientes

N° de Piso	Descripción
Primer Piso	Bloque A. Taller de escultura
	Bloque B. Sala de usos múltiples
	Bloque C. Auditorio (Escenario, vestidores, almacén, recepción, butacas para espectadores y hall)
	Bloque D. Servicios Higiénicos, ascensor y escaleras
	Bloque E. Cafetín y taller de pintura
	Bloque F. Taller de pintura y almacén
	Bloque H. Escaleras y oficina de secretaría
Segundo Piso	Bloque I. Área administrativa
	Bloque A. Aulas y sala de música
	Bloque B. Sala de usos múltiples
	Bloque C. Auditorio (Sala de ensayos, hall, depósitos y butacas para espectadores)
	Bloque D. Servicios Higiénicos, ascensor y escaleras
	Bloque F. Sala de ensayos y almacén
	Bloque G. Videoteca y sala de espera
Tercer Piso	Bloque I. Biblioteca
	Bloque A. Área de exposición
	Bloque D. Servicios Higiénicos, ascensor, escaleras y área de exposición
	Bloque F. Almacén y área de exposición
	Bloque G. Área de exposición

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Características para el Diseño Estructural

El sistema empleado en el diseño estructural es un sistema constructivo de losas y vigas postensadas acompañado de elementos estructurales de concreto armado como columnas, vigas, zapatas y vigas de cimentación; estos elementos estructurales han sido diseñados de acuerdo con los parámetros mínimos del Reglamento Nacional de Edificaciones (E. 020, E.030, E.031, E.050 y E.060), Instituto Americano del Concreto (ACI 117, ACI 301, ACI 318, ACI 423), la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM A416/A416M, ASTM A421/A421M) y el Instituto del Postensado (PTI). Tomando en cuenta las normas antes mencionadas para el diseño de la infraestructura, se presenta en la **Tabla 17** las características principales del proyecto.

Tabla 18. Características de diseño

Descripción	Clasificación
Categoría	Edificaciones Importantes (B)
Tipo de suelo	Suelos Intermedios (S2)
Zona Sísmica	Zona 2

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 19** se detalla las propiedades de los materiales que se utilizarán para el diseño de losas y vigas postensadas, además de las columnas, vigas y cimentaciones de concreto armado.

Tabla 19. Propiedades de Materiales

Descripción	Valor
Concreto	f_c = 28.00 MPa
Módulo de Elasticidad del Concreto	E_c = 26595.00 MPa
Peso Específico del Concreto	W_c = 2400 kg/m ³
Resistencia a la Fluencia del Acero	f_y = 420 MPa
Módulo de Elasticidad del Acero	E_s = 200000 Mpa
Resistencia Última del Postensado	f_{pu} = 1860 Mpa
Resistencia a la Fluencia del Postensado	f_{py} = 1700 Mpa
Módulo de Elasticidad del Postensado	E_{ps} = 200000 Mpa

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 20** se detalla los pesos y sobrecargas establecidos por la norma E.020 según los módulos establecidos para posteriormente realizar nuestro respectivo metrado de cargas del Centro Cultural.

Tabla 20. Pesos y Sobrecargas establecidos en la norma E.020

Descripción	Pesos
CARGA MUERTA	
Peso del Concreto Armado	2400 kg/m ³
Peso de Enlucido	50 kg/m ²
Peso de Contrapiso	100 kg/m ²
CARGA VIVA	
Peso de Cobertura	100 kg/m ²
Peso Tabiquería Móvil	100 kg/m ²
Sobrecarga Módulo A, B, H	250 kg/m ²
Sobrecarga Módulo C	400 kg/m ²
Sobrecarga Módulo D, E, F, G, I	300 kg/m ²
Sobrecarga Techo	100 kg/m ²

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Predimensionamiento

Se procede a realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales (losas y vigas postensadas, columnas, muros de corte, losas y vigas de concreto armado), siguiendo los parámetros mínimos de normas y códigos, tanto nacionales como internacionales.

4.4.1. Losas postensadas

Se utilizará losas planas en toda la estructura, teniendo como fórmulas las siguientes:

$$\text{Para losa de entepiso} \rightarrow h = \frac{L}{40} \rightarrow h > 0.18 \text{ m}$$

$$\text{Para losa de techo} \rightarrow h = \frac{L}{45} \rightarrow h > 0.18 \text{ m}$$

Donde:

h = Peralte de losa postensada

L = Longitud de luz libre entre columnas

Tabla 21. Peralte de Losas Postensadas

Nivel	Módulo	Peralte de Losa Plana
Primer Nivel	A	0.30 m.
	B	0.25 m.
	C	0.25 m.
	D	0.20 m.
	E	0.25 m.
	F	0.25 m.
	G	0.20 m.
	I	0.25 m.
Segundo Nivel	A	0.30 m.
	B	0.20 m.
	D	0.20 m.
	F	0.25 m.
	G	0.20 m.
	I	0.25 m.
Tercer Nivel	A	0.25 m.
	D	0.20 m.
	F	0.20 m.
	G	0.20 m.

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2. Vigas Postensadas

Se utilizará vigas planas y vigas en voladizo en toda la estructura, teniendo como fórmulas las siguientes:

$$\text{Para vigas planas} \rightarrow h = \frac{L}{30} \text{ y } d = \frac{At}{5} \text{ ó } d = 3 * h$$

$$\text{Para vigas en voladizo} \rightarrow h = \frac{L}{23} \text{ y } d = \frac{At}{15}$$

Donde:

h = Peralte de viga postensada

L = Longitud de luz libre entre columnas

d = ancho de viga

At = Ancho tributario

Tabla 22. Peralte y ancho de Viga Postensada

Tipo de Viga	Módulo	Peralte (h)	Ancho (d)
Viga Plana	C	0.50 m.	0.75 m.
	E	0.50 m.	0.90 m. y 1.50 m.
	F	0.50 m.	0.40 m. y 1.20 m.
	G	0.50 m.	0.55 m. y 1.50 m.
	I	0.45 m.	1.10 m.
Viga en Voladizo	G	0.25 m.	0.55 m.

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3. Losa maciza

Se utilizará losa maciza de concreto armado en el módulo H, teniendo como fórmula la siguiente:

$$\text{Para losa maciza} \rightarrow h = \frac{L}{20} \rightarrow h > 0.18 \text{ m.}$$

Donde:

h = Peralte de losa maciza

L = Longitud de luz libre entre columnas

Peralte de losa maciza en todos los niveles = 0.30 m.

4.4.4. Vigas

Se utilizará vigas de concreto armado en el módulo H, teniendo como fórmula la siguiente:

$$\text{Para viga principal} \rightarrow h = \frac{L}{11} \text{ y } d = \frac{At}{20} \rightarrow d > 0.25 \text{ m.}$$

$$\text{Para viga secundaria} \rightarrow h = \frac{L}{14} \text{ y } d = \frac{At}{20} \rightarrow d > 0.25 \text{ m.}$$

Donde:

h = Peralte de losa maciza

L = Longitud de luz libre entre columnas

d = ancho de viga

At = Ancho tributario

Peralte de viga principal = 0.55 m.

Ancho de viga principal = 0.25 m.

Peralte de viga secundaria = 0.35 m.

Ancho de viga secundaria = 0.25 m.

4.4.5. Columnas

Se utilizará columnas de concreto armado en todo el proyecto, utilizando la siguiente fórmula para su predimensionamiento:

$$Ac = \frac{\lambda * PG}{n * f'c}$$

Tabla 23. Factores para predimensionamiento de columnas

Tipo de Columna	λ	n
Central	1.10	0.30
Perimetral	1.25	0.25
Esquina	1.50	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Metrado de cargas para columnas.

Módulo	Tipo de Columna	Carga Muerta (Tn)	Carga Viva (Tn)	Carga por Servicio (PG)
A	Esquina	88.25	23.67	111.92
	Perimetral 1	152.53	40.95	193.48
	Perimetral 2	96.12	25.03	121.14
	Central	207.19	55.95	263.14
B	Esquina	40.76	10.13	50.88
	Perimetral	71.31	18.25	89.56
	Central	105.62	27.38	132.99
C	Esquina 1	7.26	1.68	8.94
	Esquina 2	15.36	4.92	20.28
	Perimetral 1	15.90	5.13	21.03
	Perimetral 2	33.63	12.22	45.86
	Central	25.59	9.01	34.60
E	Esquina	40.19	9.38	49.56
	Perimetral	55.94	13.31	69.25
F	Esquina	63.22	18.26	81.48
	Perimetral	116.46	34.24	150.69
	Central	166.46	49.24	215.69
G	Esquina	55.72	17.62	73.35
	Perimetral	154.99	51.46	206.45
H	Esquina	31.79	7.43	39.22
I	Esquina 1	168.25	49.67	217.92
	Esquina 2	71.11	20.53	91.63
	Perimetral	125.45	36.43	161.88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Dimensionamiento de columnas.

Módulo	Tipo de Columna	Área de Columna (cm)	Lado X en cm (b)	Lado Y en cm (D)
A	Esquina	2997.8	60	55
	Perimetral 1	3455.0	85	45
	Perimetral 2	2163.3	45	55
	Central	3445.9	70	55
B	Esquina	1362.9	35	45
	Perimetral	1599.3	50	35
	Central	1741.6	45	45
C	Esquina 1	239.4	30	30
	Esquina 2	543.2	45	25
	Perimetral 1	375.6	30	30
	Perimetral 2	818.9	30	45
	Central	453.1	30	30
E	Esquina	1327.6	45	30
	Perimetral	1236.6	40	35
F	Esquina	2182.5	55	45
	Perimetral	2691.0	75	40
	Central	2824.6	65	50
G	Esquina	1964.6	80	30
	Perimetral	3686.6	65	65
H	Esquina	1050.5	40	30
I	Esquina 1	5837.0	75	85
	Esquina 2	2454.5	45	55
	Perimetral	2890.7	40	80

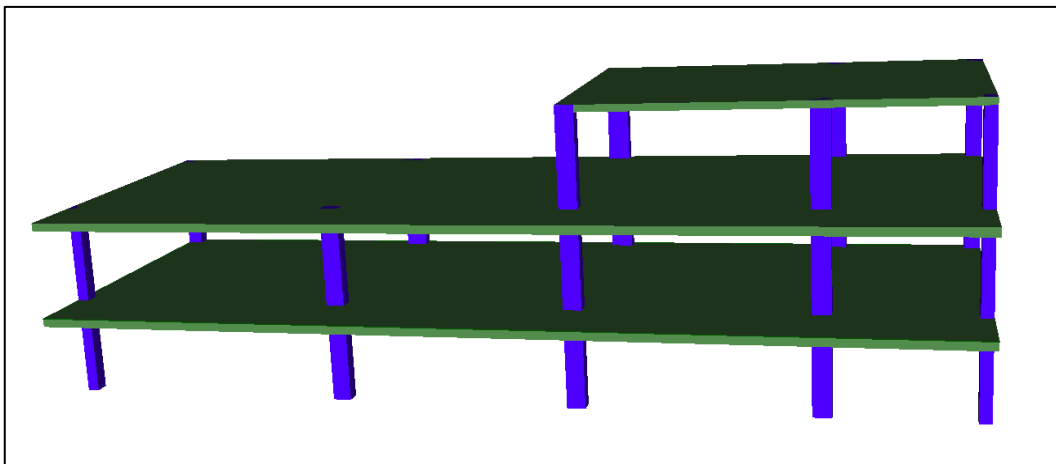
Fuente: Elaboración Propia

4.5. Modelamiento de Losas Postensadas con el software ADAPT Builder

Se diseñará con el programa ADAPT Builder las losas postensadas, siendo este un programa para el diseño y análisis de estructuras reforzadas y postensadas cumpliendo los parámetros mínimos requeridos por las normas y códigos.

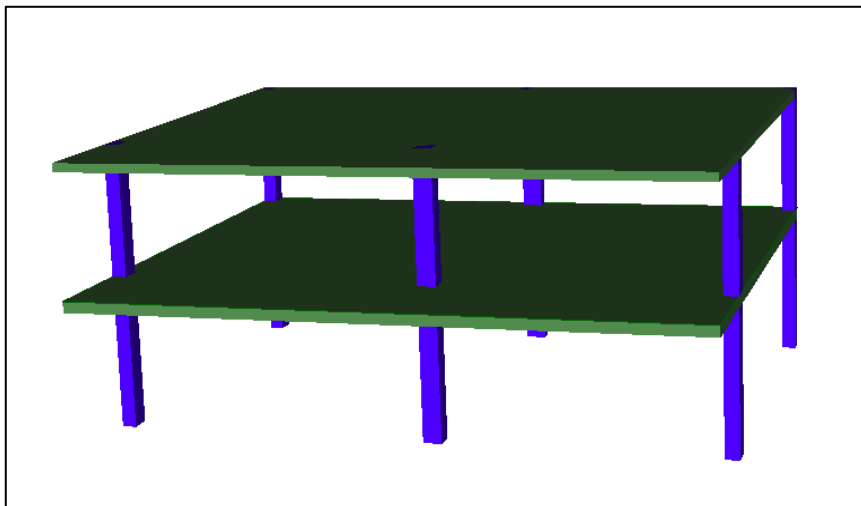
El modelamiento será de todos los módulos que se presenta en el Centro Cultural; en su estudio del diseño se considerará cuatro tipos de falla que suelen presentar las losas, estos vienen a ser por tensión, por flexión, por cortante y por punzonamiento.

Figura 36. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo A.



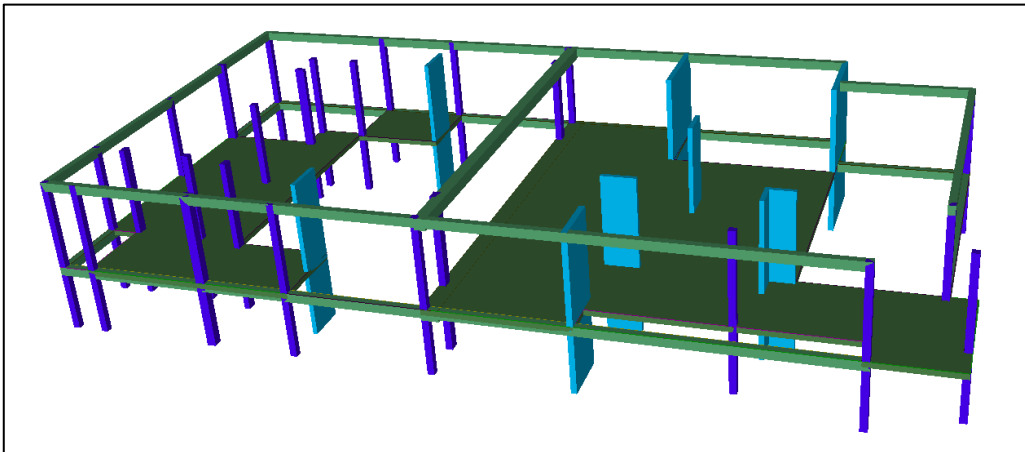
Fuente: Elaboración Propia

Figura 37. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo B.



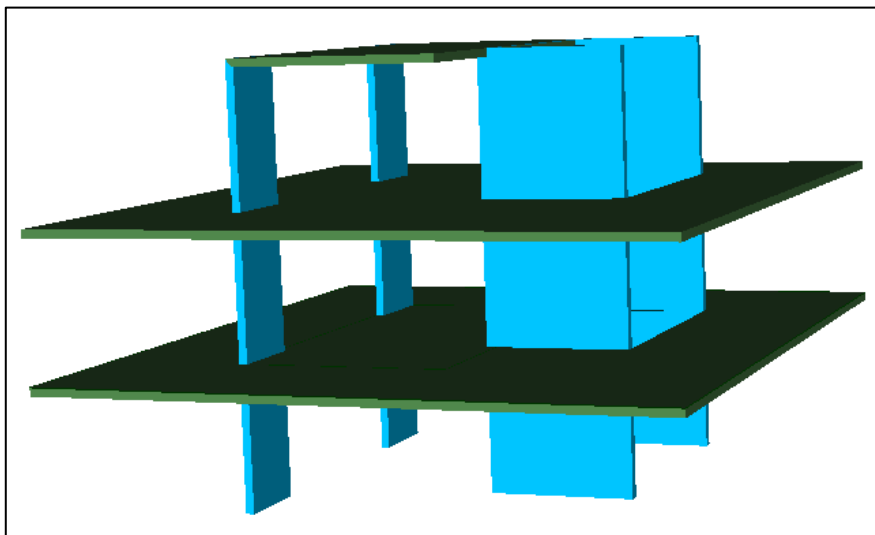
Fuente: Elaboración Propia

Figura 38. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo C.



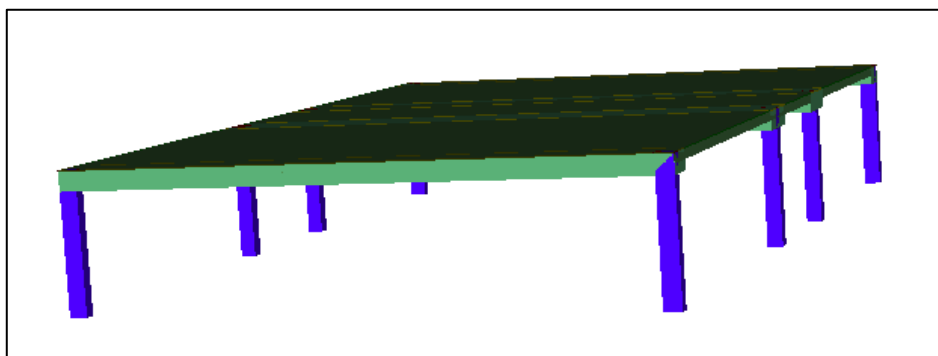
Fuente: Elaboración Propia

Figura 39. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo D.



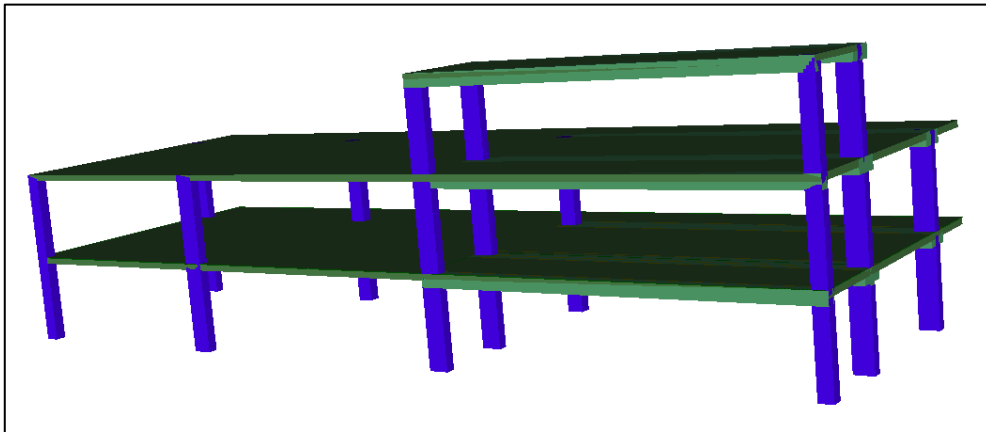
Fuente: Elaboración Propia

Figura 40. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo E.



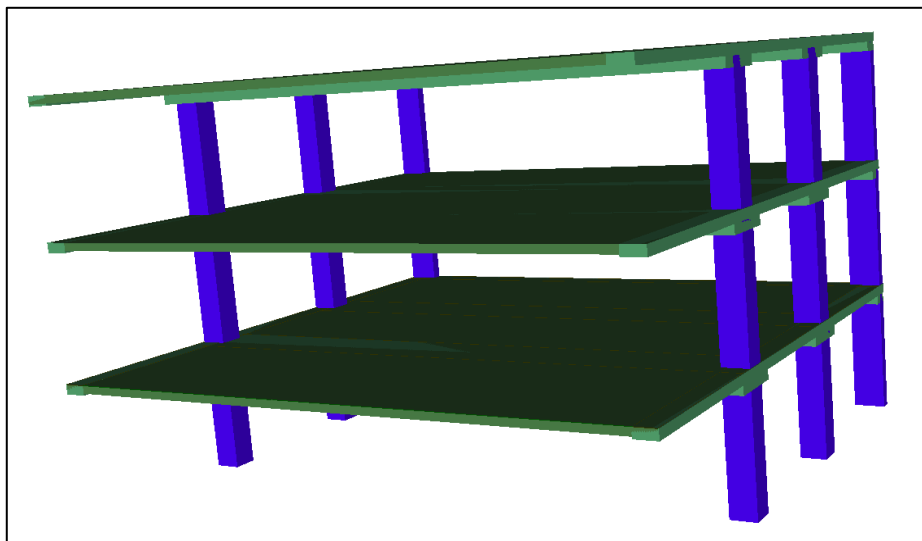
Fuente: Elaboración Propia

Figura 41. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo F.



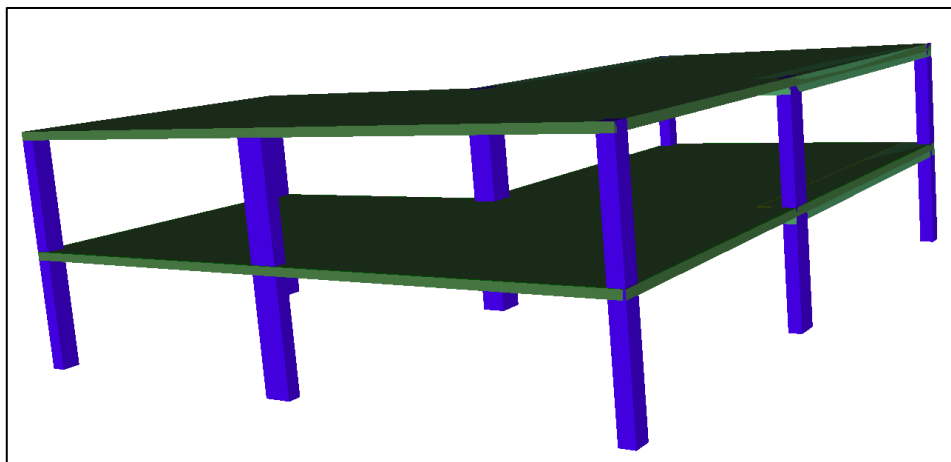
Fuente: Elaboración Propia

Figura 42. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo G.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 43. Modelamiento de losas postensadas a diseñar del Módulo I.

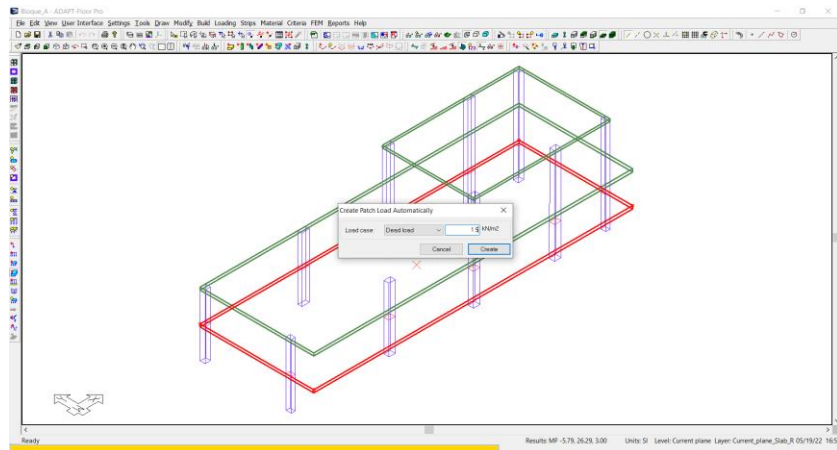


Fuente: Elaboración Propia

4.5.1. Aplicación de cargas en las losas postensadas

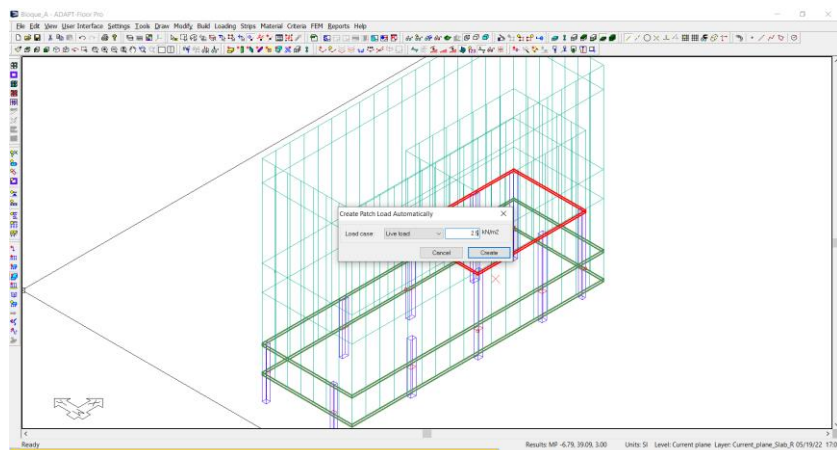
Una vez hecho el modelado de cada estructura, se le asigna las cargas a cada losa; estas cargas asignadas son tomadas de la **Tabla 20** teniendo como referencia la norma E.020. Cada losa postensada de cada módulo se le asigna tanto las cargas vivas como las cargas muertas uniformemente en toda su área.

Figura 44. Asignación de cargas muertas



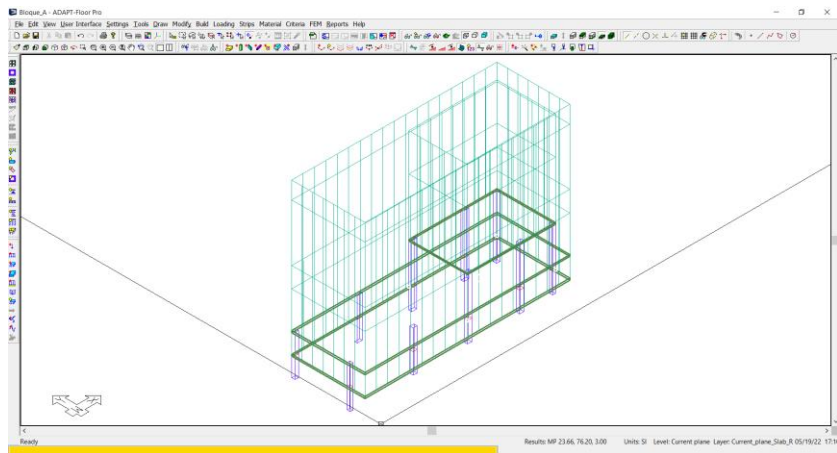
Fuente: Elaboración Propia

Figura 45. Asignación de cargas vivas



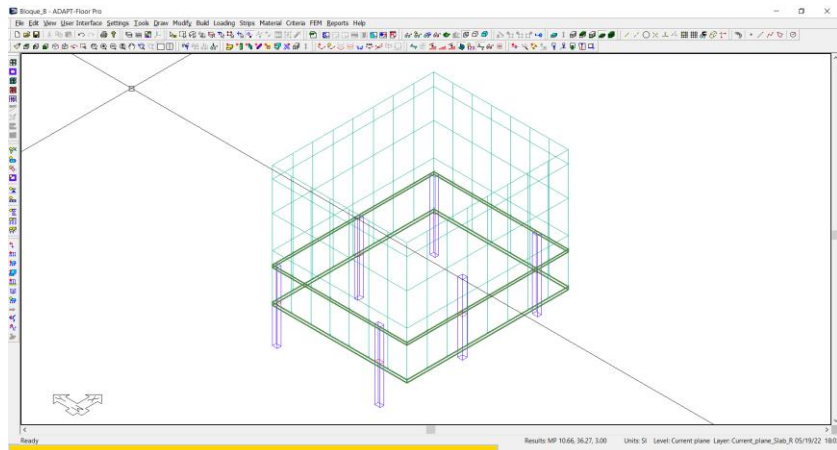
Fuente: Elaboración Propia

Figura 46. Asignación de cargas al Módulo A



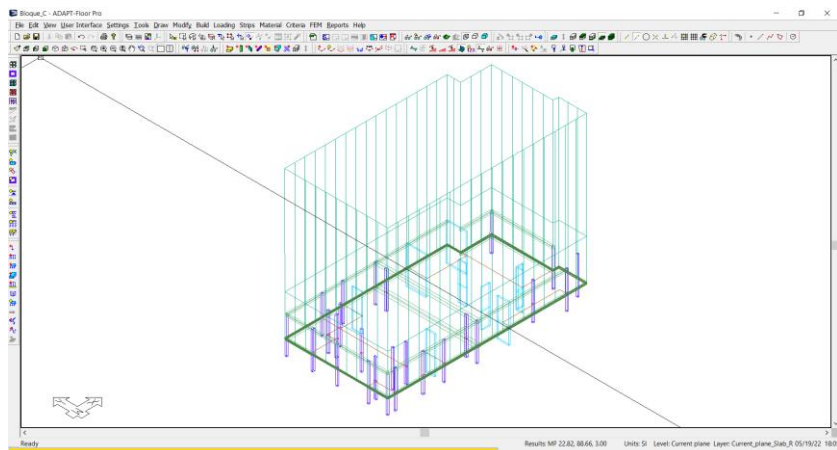
Fuente: Elaboración Propia

Figura 47. Asignación de cargas al Módulo B



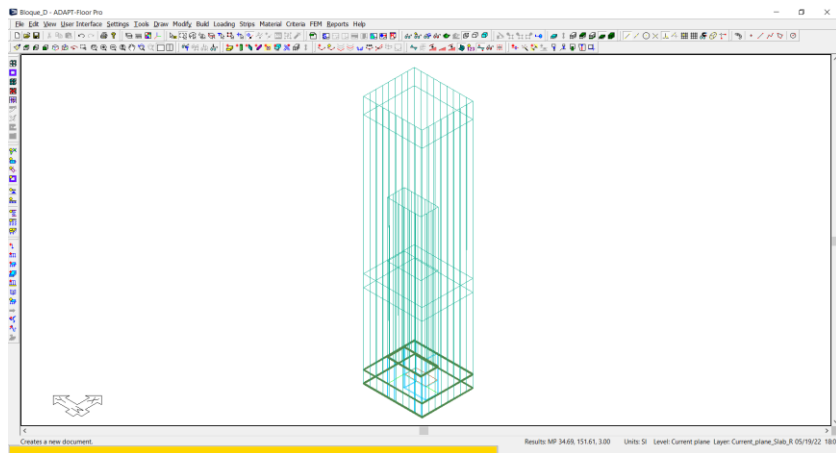
Fuente: Elaboración Propia

Figura 48. Asignación de cargas al Módulo C



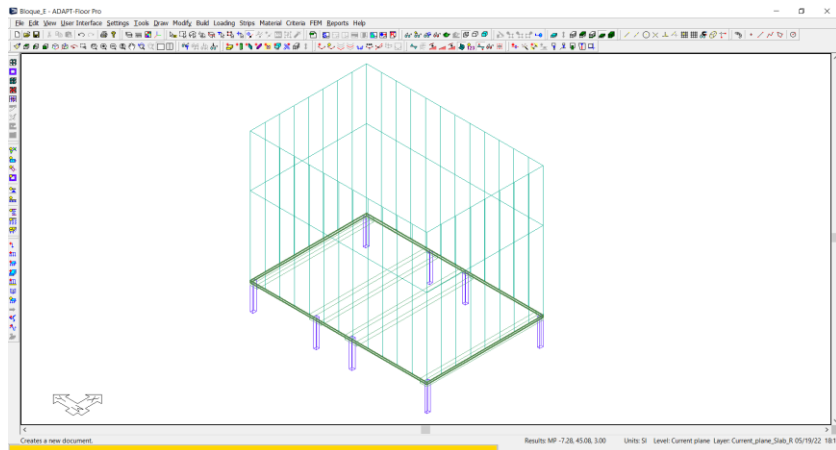
Fuente: Elaboración Propia

Figura 49. Asignación de cargas al Módulo D



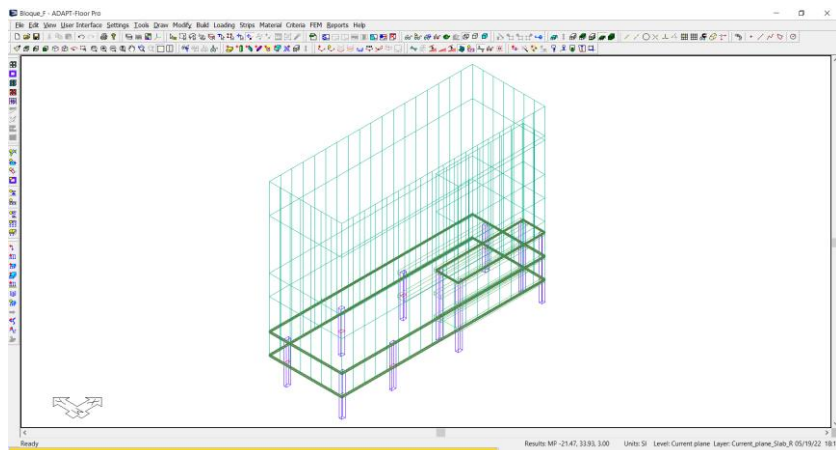
Fuente: Elaboración Propia

Figura 50. Asignación de cargas al Módulo E



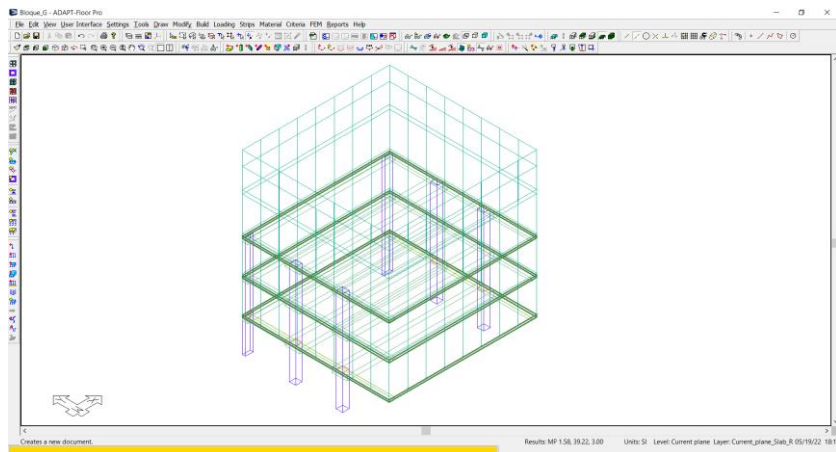
Fuente: Elaboración Propia

Figura 51. Asignación de cargas al Módulo F



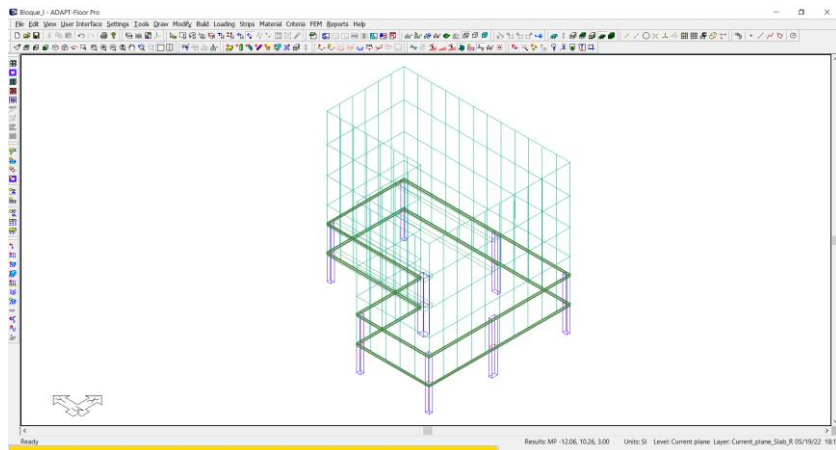
Fuente: Elaboración Propia

Figura 52. Asignación de cargas al Módulo G



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53. Asignación de cargas al Módulo I



Fuente: Elaboración Propia

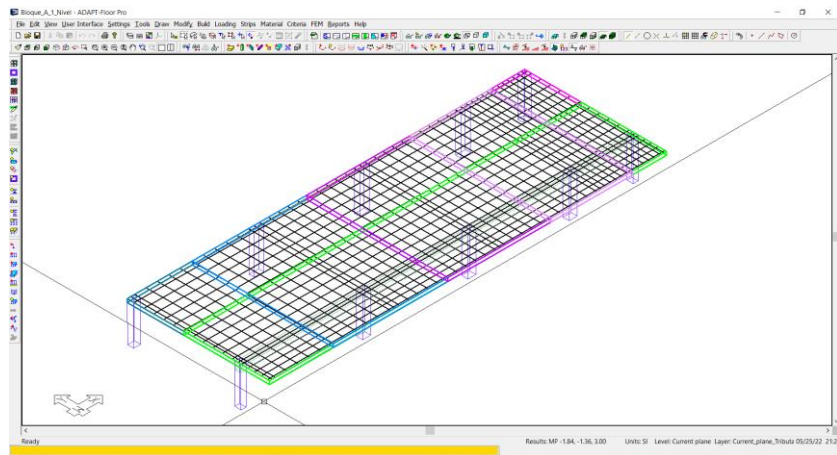
4.5.2. Líneas de soporte y áreas tributarias

Al terminar de asignar las cargas que actúan sobre la losa se procede a trazar las líneas de soporte. Lo que representan estas líneas de soporte son flujos de carga por donde se transferirá la carga de la losa a través de los elementos estructurales.

Las líneas de soporte en el software ADAPT Builder son muy importantes, ya que cada línea genera un área tributaria sobre la losa y un determinado número de secciones de diseño. Para el diseño de los elementos se trazaron las líneas de soporte tanto en la dirección Y como en la dirección X sobre las trabes principales.

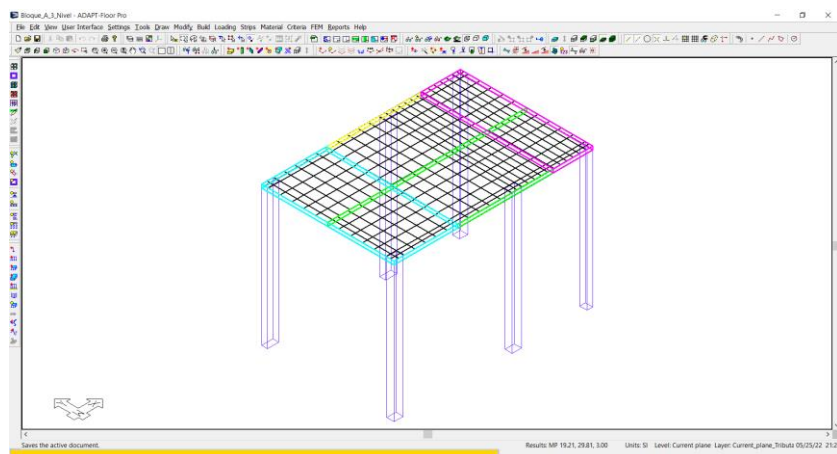
En el software se configuró a cada línea de soporte la dirección en la que actuara (Eje “X”, Eje “Y”). En cada línea de soporte se asigna el criterio a seguir para que el software identifique correctamente las especificaciones del código y lo diseñe según su estructura, ya sea losa o viga.

Figura 54. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo A – 1° y 2° Nivel



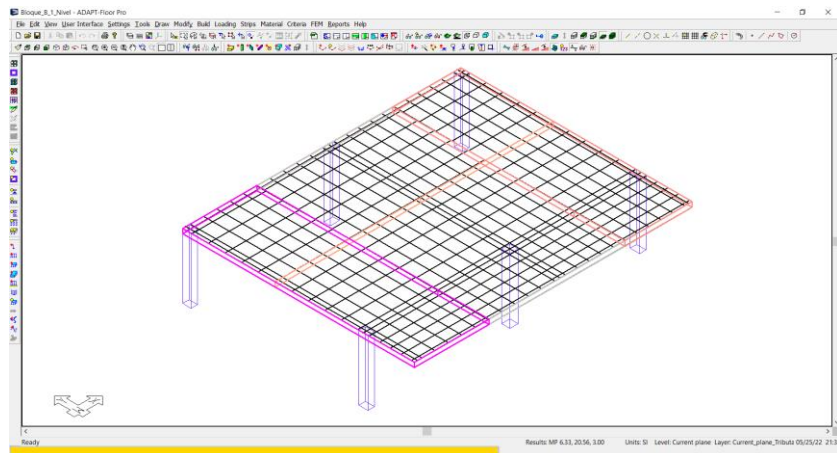
Fuente: Elaboración Propia

Figura 55. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo A – 3° Nivel



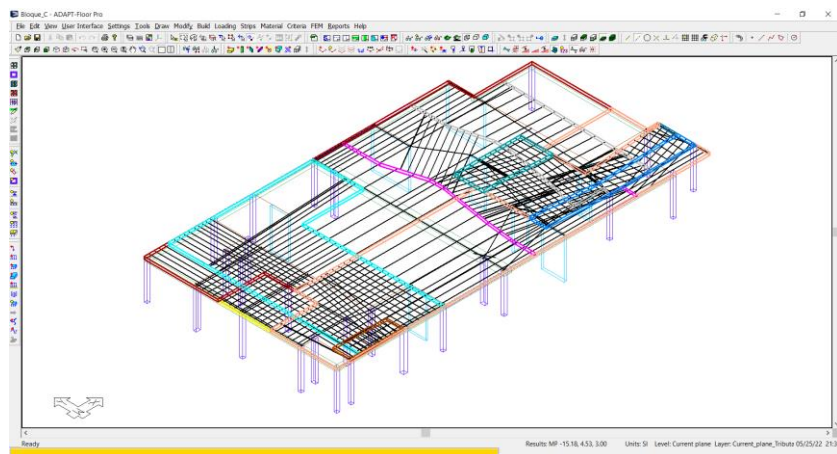
Fuente: Elaboración Propia

Figura 56. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo B – 1° y 2° Nivel



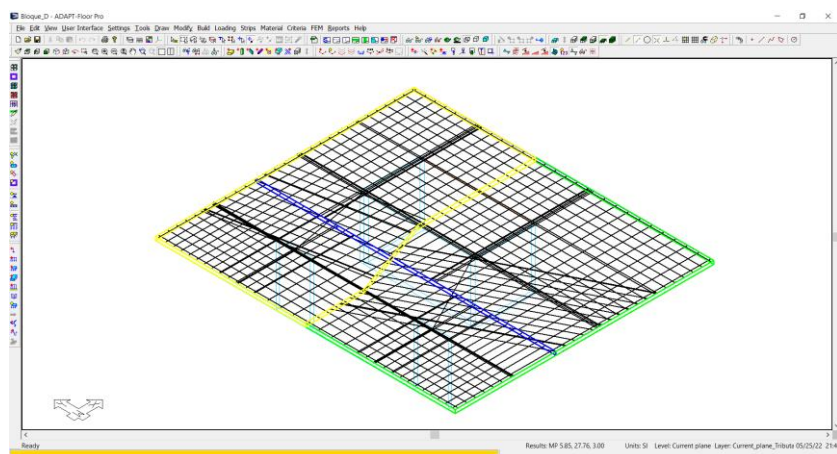
Fuente: Elaboración Propia

Figura 57. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo C



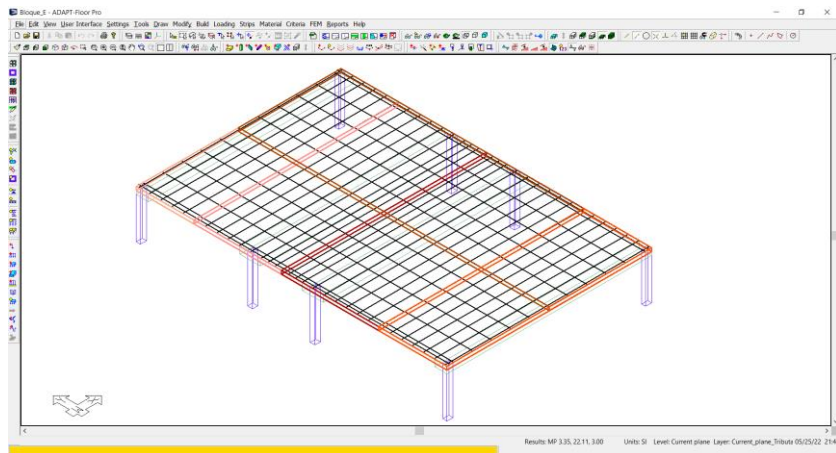
Fuente: Elaboración Propia

Figura 58. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel



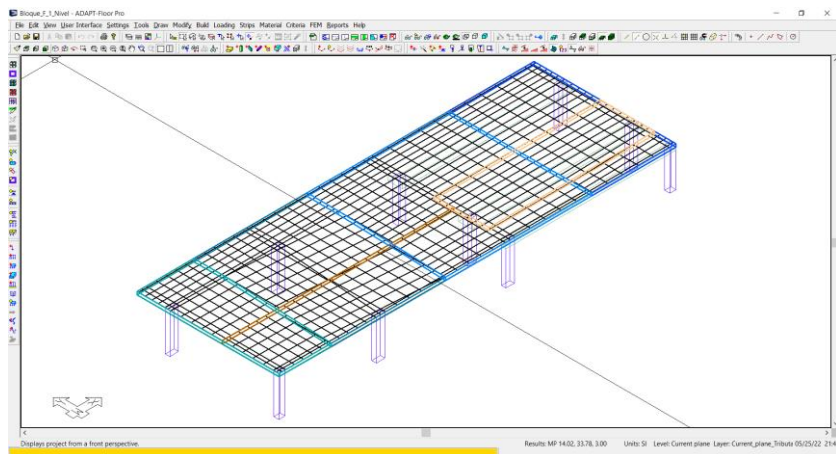
Fuente: Elaboración Propia

Figura 59. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo E



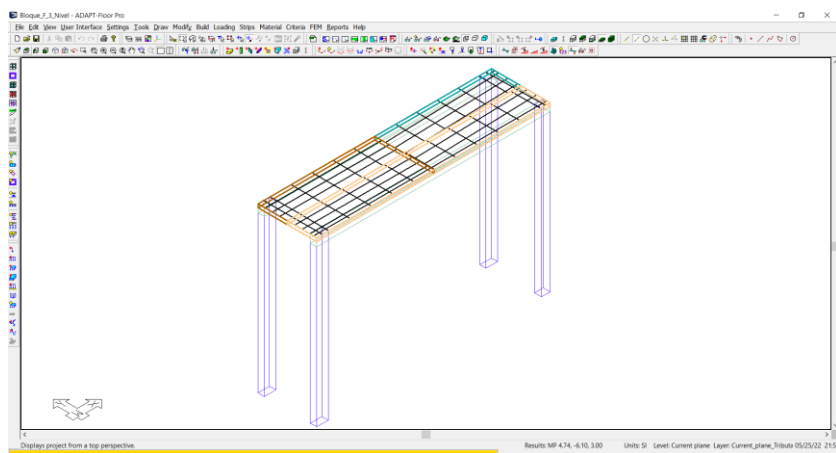
Fuente: Elaboración Propia

Figura 60. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo F – 1° y 2° Nivel



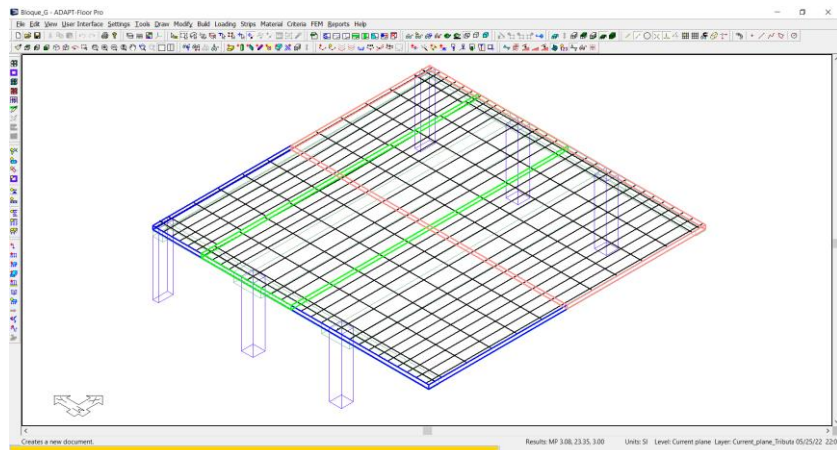
Fuente: Elaboración Propia

Figura 61. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo F – 3° Nivel



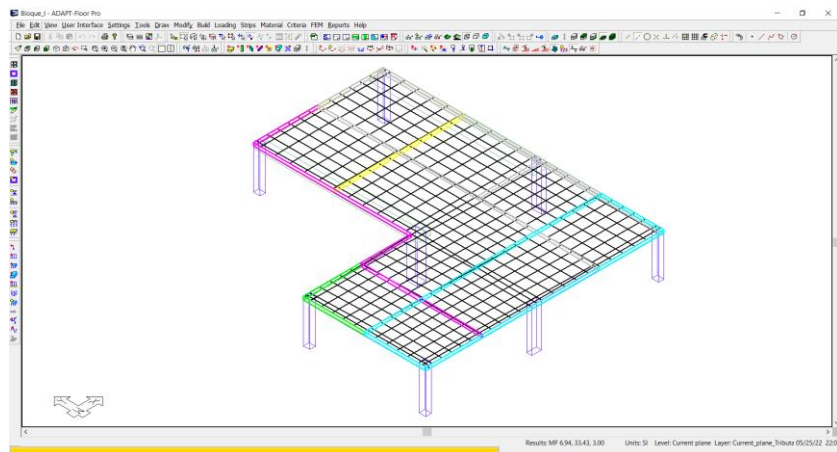
Fuente: Elaboración Propia

Figura 62. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 63. Líneas de soporte y áreas tributaria, Módulo I – 1° y 2° Nivel



Fuente: Elaboración Propia

4.5.3. Diseño de tendones

Para el diseño de los tendones, en cada losa se referencia según las líneas de soporte que han sido ubicados en cada uno de los ejes, se trazan los tendones en una sola línea para que el software diseñe la cantidad de torones según las características técnicas del cable.

Las características a considerar del cable son las siguientes:

- Diámetro de Torón: 0.5" o 12.7mm
- Área Nominal: 98.70 mm²
- Resistencia Mínima: 183.70 kN
- Fuerza de Precompresión: Min. 0.862 MPa y Max. 1.724MPa

Figura 64. Características de tendones

Map Banded(Grouped) Tendons

Tributary

Enter the associated tributary width: 7.000 m

Use design strip width

Force and profile optimization

Average precompression: Min 0.862 MPa Max 1.724 MPa

% of Selfweight to balance: Min 40.000 % Max 75.000 %

Placement

Idealized as one group with offset: 0.000 m

Idealized as two groups with offset: 0.750 m

Space tendons at: 0.200 m

Tendon properties

Effective force per strand: 118.000 kN

Number of strands per tendon: 1

Span	Shape	X1/L	X2/L	X3/L
► First	Reversed P... ▼	0.10	0.50	0.10
Mid	Reversed P... ▼	0.10	0.50	0.10
Last	Reversed P... ▼	0.10	0.50	0.10

Cancel OK

Fuente: Elaboración Propia

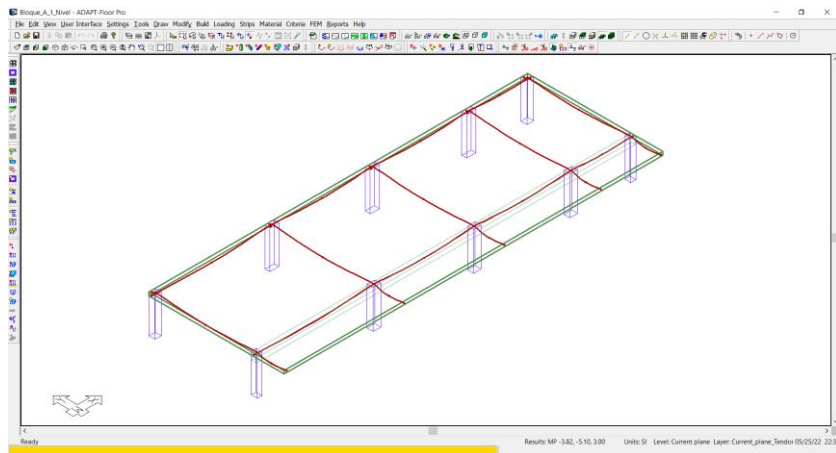
Luego de indicar al software las características del torón, se calcula su fuerza de pérdida a largo plazo para posteriormente calcular con la ayuda del programa la fuerza efectiva del cable; al obtener la fuerza efectiva del cable se podrá saber su elongación o longitud de tensado. La fuerza de pérdida a largo plazo según el código ACI se indica que viene a ser entre el 15% y 20% de la resistencia última del cable.

Tabla 26. Características para el cálculo de Fuerza Efectiva

Descripción	Valor
Resistencia Mínima (kN)	183.70
Área Nominal (mm ²)	98.70
Resistencia Última (MPa)	1861
Pérdida a largo plazo (MPa)	279

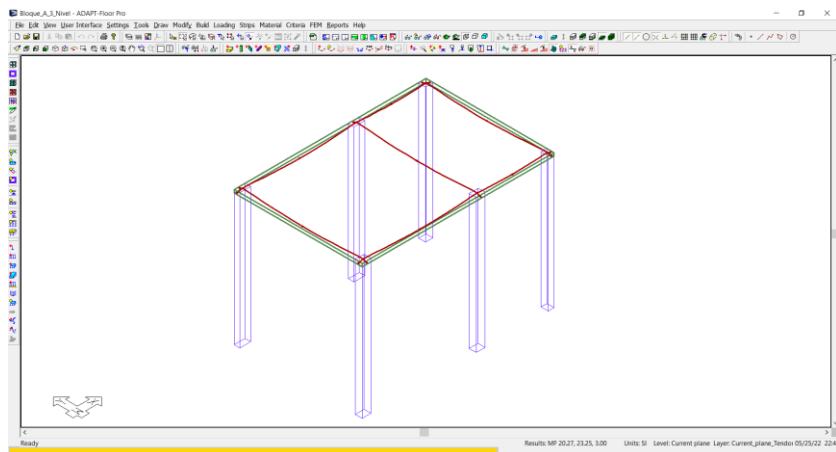
Fuente: Elaboración Propia

Figura 65. Diseño de tendones, Módulo A – 1° y 2° Nivel



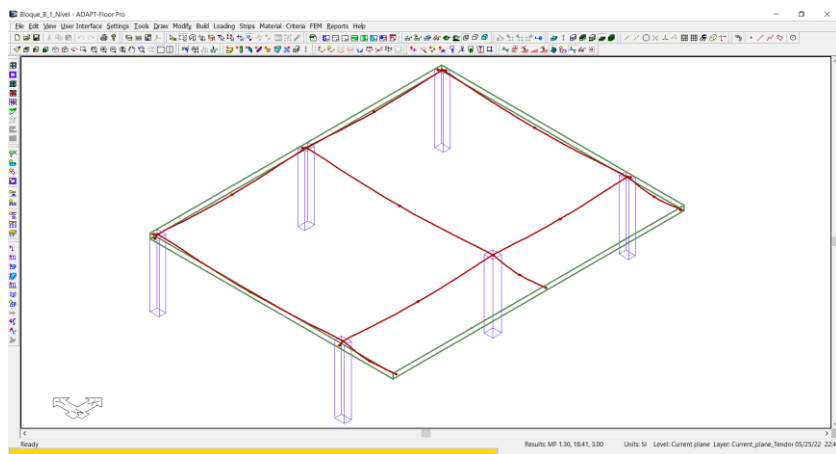
Fuente: Elaboración Propia

Figura 66. Diseño de tendones, Módulo A – 3° Nivel



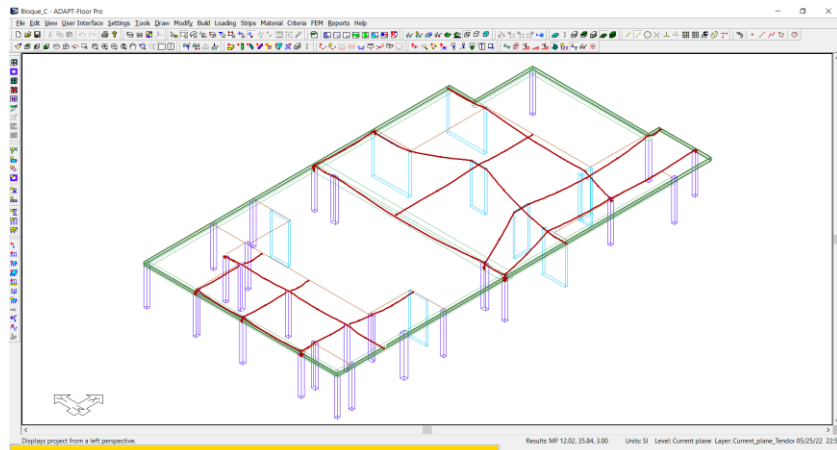
Fuente: Elaboración Propia

Figura 67. Diseño de tendones, Módulo B – 1° y 2° Nivel



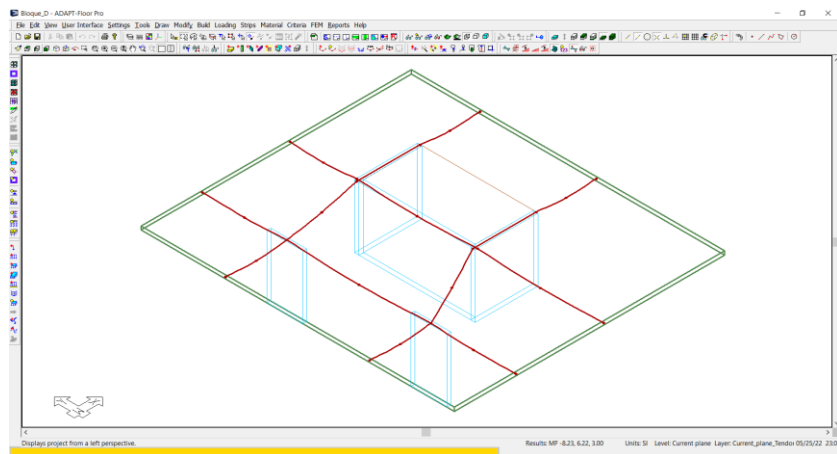
Fuente: Elaboración Propia

Figura 68. Diseño de tendones, Módulo C



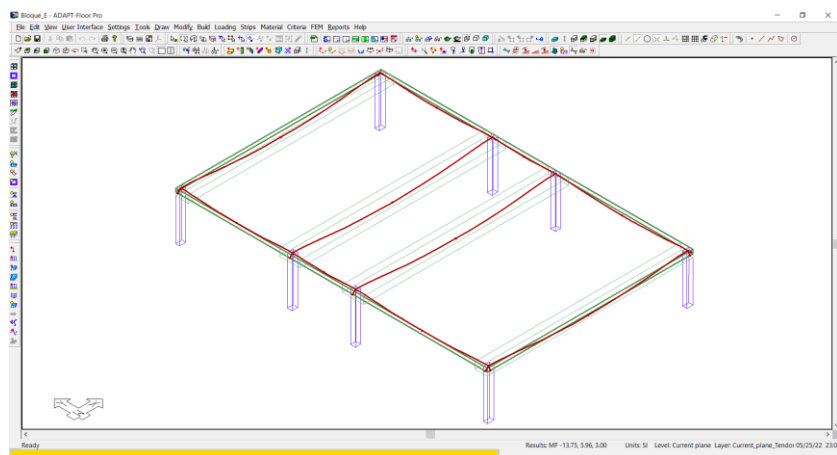
Fuente: Elaboración Propia

Figura 69. Diseño de tendones, Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel



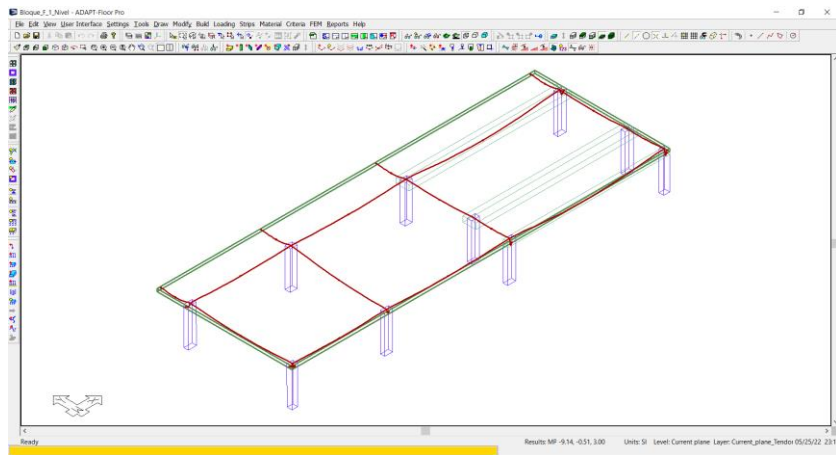
Fuente: Elaboración Propia

Figura 70. Diseño de tendones, Módulo E



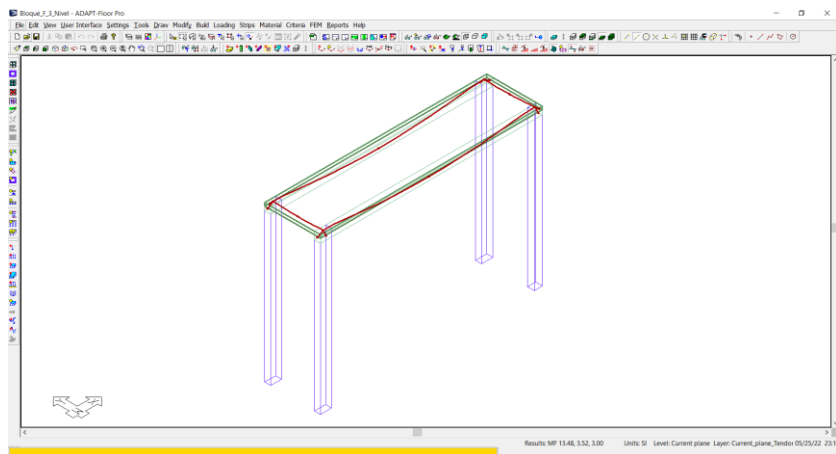
Fuente: Elaboración Propia

Figura 71. Diseño de tendones, Módulo F – 1° y 2° Nivel



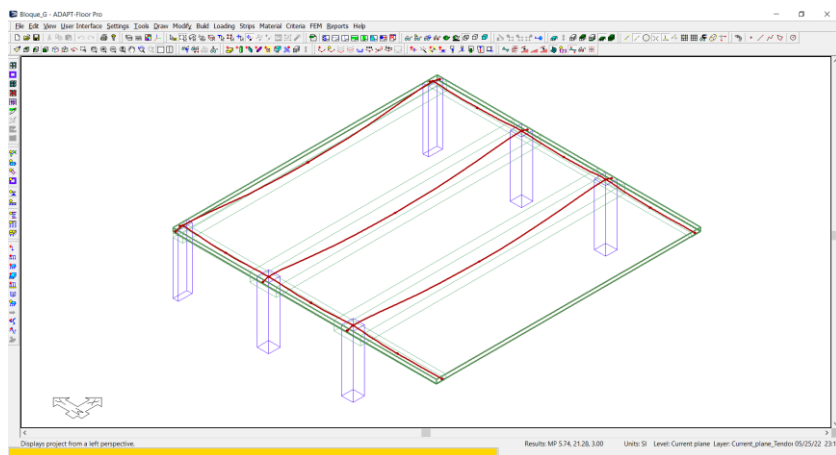
Fuente: Elaboración Propia

Figura 72. Diseño de tendones, Módulo F – 3° Nivel



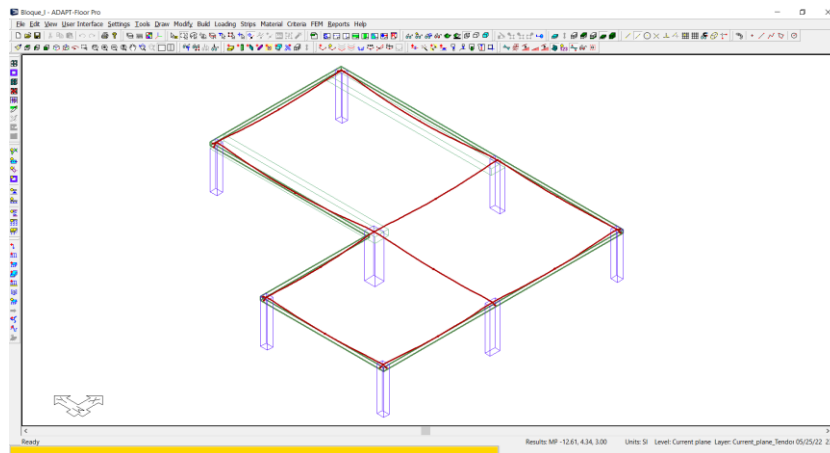
Fuente: Elaboración Propia

Figura 73. Diseño de tendones, Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 74. Diseño de tendones, Módulo I – 1º y 2º Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Una vez diseñado los tendones con sus características técnicas antes especificadas, se procede a realizar sus respectivas verificaciones por tensión, por flexión y por punzonamiento.

4.5.4. Verificación de tensiones

Para la verificación por tensiones se tomará en cuenta el código ACI 318 y la siguiente ecuación de esfuerzo.

$$\sigma = \frac{M_{DL} + M_{LL} + M_{PT}}{S} + \frac{P}{A} \quad S = \frac{I}{y}$$

Donde:

M_{DL}, M_{LL}, M_{PT} : Momentos de carga muerta, carga viva y carga balanceada

S: Módulo de sección

I: Momento de Inercia

y: Profundidad del eje neutro

A: Área de la sección

P: Fuerza de postensado

En las tablas siguientes se indican los esfuerzos superiores e inferiores de cada módulo verificando que se cumple con los esfuerzos admisibles según código ACI 318.

Tabla 27. Esfuerzos permisibles Módulo A – 1° y 2° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	203.60	-72.67	-1.01	-4.76	0.67	-3.23
Línea de Soporte 2	180.24	-284.67	0.93	-1.91	1.74	-4.41
Línea de Soporte 3	618.32	-420.88	1.86	-5.20	2.56	-3.27
Línea de Soporte 4	515.09	-455.58	1.90	-5.69	2.50	-4.31
Línea de Soporte 5	557.95	-379.73	2.26	-5.06	2.51	-4.42
Línea de Soporte 6	156.38	-182.16	2.37	-8.00	2.41	-6.03
Línea de Soporte 7	332.17	-217.42	2.47	-4.81	2.19	-5.68

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Esfuerzos permisibles Módulo A – 3° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	186.43	-63.16	-0.22	-5.01	0.67	-3.23
Línea de Soporte 2	186.43	147.40	0.29	-4.99	1.74	-4.41
Línea de Soporte 3	273.53	117.14	-4.69	-7.75	2.56	-3.27
Línea de Soporte 4	411.28	157.20	-4.47	-8.06	2.50	-4.31
Línea de Soporte 5	154.18	55.48	-4.84	-6.95	2.51	-4.42

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29. Esfuerzos permisibles Módulo B – 1° y 2° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	193.24	95.60	2.83	-7.03	2.55	-8.54
Línea de Soporte 2	238.30	-39.58	-0.80	-6.40	2.69	-2.35
Línea de Soporte 3	284.88	-383.71	2.47	-10.44	2.56	-3.27
Línea de Soporte 4	362.94	-182.57	2.74	-10.25	2.74	-6.71
Línea de Soporte 5	671.17	-425.51	2.58	-9.04	2.78	-6.73
Línea de Soporte 6	283.13	-177.96	1.35	-9.73	2.62	-5.78

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Esfuerzos permisibles Módulo C

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	155.86	-388.75	2.84	-8.98	3.13	-6.74
Línea de Soporte 2	116.88	-81.75	1.06	-2.71	1.55	-1.90
Línea de Soporte 3	60.18	-112.55	1.04	-3.24	-0.33	-4.94
Línea de Soporte 4	7.64	-44.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Línea de Soporte 5	173.39	-126.63	0.00	-15.90	2.57	-5.36
Línea de Soporte 6	21.80	-249.61	3.00	-1.30	0.00	-7.94
Línea de Soporte 7	136.56	-450.00	2.93	-11.06	2.67	-11.28
Línea de Soporte 8	37.05	-106.77	2.67	-2.44	1.59	-4.50
Línea de Soporte 9	120.69	-2.02	-1.32	-5.47	2.57	-1.49
Línea de Soporte 10	70.83	-127.66	0.36	-5.34	-3.88	-6.00
Línea de Soporte 11	429.54	-837.43	2.99	-6.98	2.57	-15.82
Línea de Soporte 12	190.20	-263.90	2.59	-3.38	1.16	-5.01
Línea de Soporte 13	184.79	-71.22	0.00	-7.11	2.34	-5.23
Línea de Soporte 14	112.21	-9.90	0.18	-1.70	1.53	-0.24

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Esfuerzos permisibles Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	16.14	-369.67	2.77	-1.91	-2.32	-8.27
Línea de Soporte 2	98.71	-500.08	2.52	-2.87	-0.46	-8.93
Línea de Soporte 3	38.91	-673.13	2.85	-2.80	-1.78	-16.69
Línea de Soporte 4	1.02	-480.72	2.50	-3.08	-2.96	-13.28
Línea de Soporte 5	19.03	-357.50	2.67	-2.33	-2.36	-16.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Esfuerzos permisibles Módulo E

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	16.14	-94.38	-1.35	-7.00	2.75	-2.65
Línea de Soporte 2	866.50	-98.22	1.24	-8.05	2.47	-2.92
Línea de Soporte 3	938.55	-131.98	1.19	-7.97	3.04	-3.35
Línea de Soporte 4	575.15	-113.01	1.01	-6.64	3.17	-3.89
Línea de Soporte 5	441.40	-148.14	0.32	-7.21	3.09	-3.66
Línea de Soporte 6	434.42	-147.49	0.32	-7.13	2.99	-3.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33. Esfuerzos permisibles Módulo F – 1° y 2° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	-242.78	-419.44	2.53	-6.57	2.53	-10.96
Línea de Soporte 2	793.12	-670.05	0.00	0.00	0.00	0.00
Línea de Soporte 3	275.76	-489.13	2.86	-6.67	2.48	-11.02
Línea de Soporte 4	328.46	-155.36	2.11	-7.29	2.89	-3.82
Línea de Soporte 5	605.76	-404.96	3.03	-6.81	2.79	-4.75
Línea de Soporte 6	229.01	-419.44	2.18	-2.76	0.73	-4.27
Línea de Soporte 7	154.17	-242.78	2.03	-3.09	0.85	-4.16

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Esfuerzos permisibles Módulo F – 3° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	171.08	-68.08	-0.20	-5.17	2.75	-4.55
Línea de Soporte 2	176.02	-69.81	-0.20	-5.25	2.96	-4.65
Línea de Soporte 3	138.94	-108.83	1.23	-3.71	1.83	-3.10
Línea de Soporte 4	133.98	-90.05	0.95	-3.56	1.82	-2.65

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35. Esfuerzos permisibles Módulo G – 1°, 2° y 3° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	246.43	-78.11	-0.39	-4.83	2.52	-3.99
Línea de Soporte 2	659.06	-126.45	-0.70	-6.83	2.93	-3.14
Línea de Soporte 3	911.09	-295.61	-0.14	-6.14	3.05	-5.07
Línea de Soporte 4	160.01	-737.30	2.65	-4.30	3.04	-16.32
Línea de Soporte 5	159.58	-740.67	2.61	-4.30	3.03	-16.41

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36. Esfuerzos permisibles Módulo I – 1° y 2° Nivel

Descripción	Momentos (kN-m)		Esfuerzo fibra superior (MPa)		Esfuerzo fibra inferior (MPa)	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Línea de Soporte 1	640.16	213.79	-4.84	-10.18	2.45	2.18
Línea de Soporte 2	913.46	-384.63	2.51	-9.62	2.76	-9.51
Línea de Soporte 3	357.07	-278.30	2.60	-7.23	2.65	-5.89
Línea de Soporte 4	326.85	-45.80	0.10	-7.43	3.03	-1.83
Línea de Soporte 5	648.56	-715.46	2.93	-7.97	2.51	-5.89
Línea de Soporte 6	577.17	-382.93	2.90	-6.32	2.84	-8.20

Fuente: Elaboración Propia

4.5.5. Verificación por Flexión

La verificación por flexión según el código ACI 318, calculado mediante la división de la longitud libre de la losa sobre un factor según lo que especifica la **Tabla 8** y depende al tipo de construcción de piso que soporta los elementos no estructurales propensos a ser dañados por las grandes deflexiones. En los siguientes cuadros se detalla la comparación de las deformaciones entre los valores del programa ADAPT Builder y el cálculo con el código ACI 318:

Tabla 37. Deflexiones Módulo A – 1° y 2° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	5.18	21.08
Línea de Soporte 2	0.77	21.08
Línea de Soporte 3	5.97	18.69
Línea de Soporte 4	7.15	18.69
Línea de Soporte 5	7.99	18.69
Línea de Soporte 6	4.47	18.69
Línea de Soporte 7	4.60	18.69

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38. Deflexiones Módulo A – 3° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	6.92	16.81
Línea de Soporte 2	6.92	16.81
Línea de Soporte 3	8.43	18.69
Línea de Soporte 4	9.15	18.69
Línea de Soporte 5	5.42	18.69

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39. Deflexiones Módulo B – 1° y 2° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	7.82	15.10
Línea de Soporte 2	26.94	30.21
Línea de Soporte 3	8.35	15.10
Línea de Soporte 4	20.16	37.71
Línea de Soporte 5	26.57	37.71
Línea de Soporte 6	19.03	37.71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40. Deflexiones Módulo C

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	1.86	9.38
Línea de Soporte 2	1.60	9.58
Línea de Soporte 3	5.11	8.63
Línea de Soporte 4	0.95	12.56
Línea de Soporte 5	1.71	17.29
Línea de Soporte 6	9.31	14.31
Línea de Soporte 7	4.00	17.69
Línea de Soporte 8	2.35	12.31
Línea de Soporte 9	0.73	4.46
Línea de Soporte 10	1.09	12.31
Línea de Soporte 11	7.81	31.54
Línea de Soporte 12	2.63	11.40
Línea de Soporte 13	0.78	22.06
Línea de Soporte 14	0.78	6.54

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41. Deflexiones Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	9.04	23.02
Línea de Soporte 2	8.16	23.02
Línea de Soporte 3	9.12	16.67
Línea de Soporte 4	10.53	16.67
Línea de Soporte 5	8.25	16.67

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Deflexiones Módulo E

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	20.97	29.38
Línea de Soporte 2	29.50	29.38
Línea de Soporte 3	29.19	29.38
Línea de Soporte 4	24.17	29.38
Línea de Soporte 5	10.74	19.79
Línea de Soporte 6	10.79	19.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Deflexiones Módulo F – 1° y 2° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	20.07	27.21
Línea de Soporte 2	14.77	27.21
Línea de Soporte 3	21.10	27.21
Línea de Soporte 4	16.69	19.06
Línea de Soporte 5	16.95	19.06
Línea de Soporte 6	2.49	19.06
Línea de Soporte 7	2.57	19.06

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44. Deflexiones Módulo F – 3° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	17.69	27.21
Línea de Soporte 2	18.67	27.21
Línea de Soporte 3	2.66	6.19
Línea de Soporte 4	2.68	6.19

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45. Deflexiones Módulo G – 1°,2° y 3° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	10.59	28.02
Línea de Soporte 2	9.13	28.02
Línea de Soporte 3	12.52	28.02
Línea de Soporte 4	17.29	19.79
Línea de Soporte 5	17.31	19.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46. Deflexiones Módulo I – 1° y 2° Nivel

Descripción	Deformación según ADAPT (mm)	Deformación Máxima según ACI (mm)
Línea de Soporte 1	10.07	20.21
Línea de Soporte 2	16.61	20.21
Línea de Soporte 3	13.77	20.21
Línea de Soporte 4	13.57	19.10
Línea de Soporte 5	14.09	19.10
Línea de Soporte 6	15.69	19.10

Fuente: Elaboración Propia

4.5.6. Verificación por Punzonamiento

Los esfuerzos por punzonamiento obtenidos con la ayuda del software ADAPT Builder cumple con los rangos de los esfuerzos permisibles y en el caso de los que excedan los esfuerzos permisibles se le reforzará con acero adherido en la losa al perímetro de la columna. En el caso de las columnas que no se especifican en los cuadros de resultados no se aplica la verificación por punzonamiento ya que dichas columnas están conectadas a un punto final de viga o muro, o si un muro tiene una relación de longitud/espesor superior a 4,0.

Tabla 47. Punzonamiento Módulo A – 1° y 2° Nivel

Descripción	Esfuerzo por Corte	Esfuerzo por Momentos	Total de Esfuerzos	Esfuerzos Permisibles
	MPa	MPa	MPa	MPa
Columna 1	1.04	0.14	1.18	1.28
Columna 1	1.04	0.04	1.08	1.28
Columna 2	1.40	0.16	1.57	1.28
Columna 2	1.40	0.26	1.66	1.28
Columna 3	1.13	0.15	1.28	1.28
Columna 3	1.13	0.02	1.15	1.28
Columna 4	1.03	0.17	1.20	1.28
Columna 4	1.03	0.13	1.16	1.28
Columna 5	0.45	0.25	0.70	1.28
Columna 5	0.45	0.24	0.69	1.28

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48. Punzonamiento Módulo A – 3° Nivel

Descripción	Esfuerzo por Corte	Esfuerzo por Momentos	Total de Esfuerzos	Esfuerzos Permisibles
	MPa	MPa	MPa	MPa
Columna 3	1.13	0.03	1.16	1.32
Columna 3	1.13	0.01	1.14	1.32
Columna 4	1.32	0.03	1.35	1.32
Columna 4	1.32	0.14	1.46	1.32
Columna 5	0.74	0.19	0.94	1.32
Columna 5	0.74	0.08	0.83	1.32
Columna 6	0.73	0.23	0.96	1.32
Columna 6	0.73	0.11	0.84	1.32
Columna 7	1.34	0.12	1.47	1.32
Columna 7	1.34	0.10	1.45	1.32
Columna 8	1.17	0.09	1.27	1.32
Columna 8	1.17	0.00	1.18	1.32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49. Punzonamiento Módulo B – 1° y 2° Nivel

Descripción	Esfuerzo por Corte	Esfuerzo por Momentos	Total de Esfuerzos	Esfuerzos Permisibles
	MPa	MPa	MPa	MPa
Columna 1	1.59	0.78	1.36	1.32
Columna 1	1.59	0.07	1.66	1.32
Columna 2	2.31	0.25	1.55	1.32
Columna 2	2.31	0.07	1.38	1.32
Columna 3	1.40	0.79	1.91	1.32
Columna 3	1.40	0.01	1.41	1.32
Columna 4	1.60	0.91	1.50	1.32
Columna 4	1.60	0.01	1.60	1.32
Columna 5	2.60	0.63	1.98	1.35
Columna 5	2.60	0.06	1.66	1.35
Columna 6	1.39	0.89	1.82	1.32
Columna 6	1.39	0.13	1.53	1.32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50. Punzonamiento Módulo C

Descripción	Esfuerzo por Corte	Esfuerzo por Momentos	Total de Esfuerzos	Esfuerzos Permisibles
	MPa	MPa	MPa	MPa
Columna 6	0.83	0.25	1.08	1.28
Columna 6	0.83	0.07	0.89	1.28
Columna 7	0.89	0.42	1.32	1.28
Columna 7	0.89	0.24	1.13	1.28
Columna 8	1.40	0.38	1.78	1.28
Columna 8	1.40	0.11	1.51	1.28
Columna 13	0.84	0.22	1.06	1.28
Columna 13	0.84	0.00	0.84	1.28
Columna 16	0.80	0.02	0.82	1.31
Columna 16	0.80	0.00	0.80	1.31
Columna 17	0.61	0.25	0.86	1.28
Columna 17	0.61	0.00	0.61	1.28
Columna 22	0.33	0.01	0.34	1.28
Columna 22	0.33	0.04	0.38	1.28
Columna 24	0.36	0.01	0.37	1.28
Columna 24	0.36	0.05	0.41	1.28
Columna 11	1.12	0.01	1.13	1.31
Columna 11	1.12	0.01	1.14	1.31

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51. Punzonamiento Módulo F – 1° y 2° Nivel

Descripción	Esfuerzo por Corte	Esfuerzo por Momentos	Total de Esfuerzos	Esfuerzos Permisibles
	MPa	MPa	MPa	MPa
Columna 1	1.11	0.37	1.47	1.32
Columna 1	1.11	0.69	1.79	1.32
Columna 2	1.96	0.50	1.46	1.35
Columna 2	1.96	0.15	1.99	1.35
Columna 5	1.78	0.45	1.53	1.32
Columna 5	1.78	0.03	1.80	1.32
Columna 6	1.19	0.52	1.71	1.32
Columna 6	1.19	0.47	1.66	1.32

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52. Punzonamiento Módulo I – 1° y 2° Nivel

Descripción	Esfuerzo por Corte	Esfuerzo por Momentos	Total de Esfuerzos	Esfuerzos Permisibles
	MPa	MPa	MPa	MPa
Columna 1	1.14	0.64	1.78	1.32
Columna 1	1.14	0.12	1.26	1.32
Columna 2	1.23	0.63	1.86	1.32
Columna 2	1.23	0.20	1.43	1.32
Columna 3	1.74	0.42	1.96	1.32
Columna 3	1.74	0.27	2.01	1.32
Columna 8	1.21	0.50	1.71	1.32
Columna 8	1.21	0.54	1.75	1.32

Fuente: Elaboración Propia

4.5.7. Metrado y análisis de precios

Después de haber realizado el diseño estructural, se realiza el metrado de las losas postensadas de cada módulo, teniendo en cuenta el volumen de concreto, área de encofrado, peso de acero adherido y peso de cables no adheridos. En las siguientes tablas se especifica los metrados a utilizar para proseguir con el análisis de precios unitarios con el software S10.

Tabla 53. Metrado Módulo A

Módulo A	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	131.25	2189.90	455.00	153.47
	Viga	Nivel 1	9.80		14.56	
	Losa	Nivel 2	131.25	2189.90	455.00	153.47
	Viga	Nivel 2	9.80		14.56	
	Losa	Nivel 3	37.50	547.79	156.00	62.40
	TOTAL			319.60	4927.58	1095.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54. Metrado Módulo B

Módulo B	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	13.75	1827.66	57.20	64.35
	Losa	Nivel 2	11.00	1827.66	57.20	64.35
	TOTAL			24.75	3655.32	114.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 55. Metrado Módulo C

Módulo C	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	98.06	2064.18	407.94	134.37
	Viga	Nivel 1	40.25		83.72	
	TOTAL			138.31	2064.18	491.66

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56. Metrado Módulo D

Módulo D	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	52.18	1179.41	271.34	64.62
	Losa	Nivel 2	52.18	1179.41	271.34	64.62
	Losa	Nivel 3	52.18	1179.41	271.34	64.62
	TOTAL			156.54	3538.22	814.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57. Metrado Módulo E

Módulo E	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	85.35	1543.31	355.06	82.31
Viga	Nivel 1	36.00	74.88			
TOTAL			121.35	1543.31	429.94	82.31

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58. Metrado Módulo F

Módulo F	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	131.25	1977.73	455.00	93.62
Viga	Nivel 1	21.14	43.97			
Losa	Nivel 2	131.25	1977.73	455.00	93.62	
Viga	Nivel 2	21.14		43.97		
Losa	Nivel 3	14.20	256.77	59.07	29.27	
Viga	Nivel 3	6.04		12.56		
TOTAL			318.98	4212.23	1057.01	216.52

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59. Metrado Módulo G

Módulo G	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	45.15	1020.51	234.78	58.70
Viga	Nivel 1	34.97	72.73			
Losa	Nivel 2	45.15	1020.51	234.78	58.70	
Viga	Nivel 2	34.97		72.73		
Losa	Nivel 3	45.15	1020.51	234.78	58.70	
Viga	Nivel 3	34.97		72.73		
TOTAL			205.38	3061.53	849.79	176.09

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60. Metrado Módulo I

Módulo I	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)	TENDONES (Tn)
	Losa	Nivel 1	82.78	1496.84	344.36	82.12
Viga	Nivel 1	12.87	29.74			
Losa	Nivel 2	82.78	1496.84	344.36	82.12	
Viga	Nivel 2	12.87		29.74		
TOTAL			191.30	2993.68	748.22	164.24

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Tendones No Adheridos

Como resultado del diseño de tendones no adheridos en losas postensadas, se muestra en las tablas siguientes por módulo, el diámetro del torón, número de torones, longitud de torones y tendones, además de su respectiva elongación de cada cable, logrando así equilibrar las cargas por gravedad de la losas con el efecto del postensado.

Tabla 61. Tendones Módulo A – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	10	354.77	35.48	21.90
Tendón 2	12.7 mm	16	560.69	35.04	23.20
Tendón 3	12.7 mm	10	125.78	12.58	8.20
Tendón 4	12.7 mm	20	251.72	12.59	8.00
Tendón 5	12.7 mm	25	319.60	12.78	7.80
Tendón 6	12.7 mm	20	251.67	12.58	8.30
Tendón 7	12.7 mm	11	138.36	12.58	8.20
Tendón 8	12.7 mm	10	118.11	11.81	8.00
Tendón 9	12.7 mm	10	101.63	10.16	6.70
Tendón 10	12.7 mm	15	183.82	12.25	7.40
Tendón 11	12.7 mm	20	208.31	10.42	7.00
Tendón 12	12.7 mm	5	51.17	10.23	6.70
Tendón 13	12.7 mm	30	321.75	10.72	7.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62. Tendones Módulo A – 3° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	15	225.66	15.04	10.00
Tendón 2	12.7 mm	15	225.78	15.05	9.90
Tendón 3	12.7 mm	15	150.75	10.05	6.50
Tendón 4	12.7 mm	20	200.99	10.05	6.50
Tendón 5	12.7 mm	10	100.46	10.05	6.50
Tendón 6	12.7 mm	20	201.00	10.05	5.70
Tendón 7	12.7 mm	10	100.47	10.05	5.70

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63. Tendones Módulo B – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	15	226.04	15.07	9.00
Tendón 2	12.7 mm	20	301.37	15.07	9.00
Tendón 3	12.7 mm	15	188.34	12.56	7.50
Tendón 4	12.7 mm	20	251.23	12.56	7.50
Tendón 5	12.7 mm	15	188.34	12.56	7.50
Tendón 6	12.7 mm	9	138.53	15.39	9.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64. Tendones Módulo C

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	8	93.79	11.72	6.70
Tendón 2	12.7 mm	19	308.79	16.25	9.10
Tendón 3	12.7 mm	25	518.62	20.74	11.90
Tendón 4	12.7 mm	14	286.70	20.48	12.70
Tendón 5	12.7 mm	13	241.03	18.54	12.30
Tendón 6	12.7 mm	16	114.43	7.15	3.90
Tendón 7	12.7 mm	7	50.36	7.19	4.00
Tendón 8	12.7 mm	15	172.23	11.48	6.40
Tendón 9	12.7 mm	7	155.19	22.17	12.60
Tendón 10	12.7 mm	3	65.51	21.84	12.70
Tendón 11	12.7 mm	7	96.09	13.73	9.30
Tendón 12	12.7 mm	21	154.08	7.34	4.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 65. Tendones Módulo D – 1°, 2° y 3° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	20	302.09	15.10	9.90
Tendón 2	12.7 mm	25	390.20	15.61	9.90
Tendón 3	12.7 mm	15	261.14	17.41	11.70
Tendón 4	12.7 mm	25	435.40	17.42	11.50
Tendón 5	12.7 mm	15	261.23	17.42	11.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 66. Tendones Módulo E

DESCRIPCIÓN	Ø	Nº TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	25	380.57	15.22	9.70
Tendón 2	12.7 mm	30	457.15	15.24	9.70
Tendón 3	12.7 mm	35	533.34	15.24	9.70
Tendón 4	12.7 mm	25	380.57	15.22	9.70
Tendón 5	12.7 mm	25	575.55	23.02	14.40
Tendón 6	12.7 mm	25	575.55	23.02	14.40

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67. Tendones Módulo F – 1º y 2º Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	Nº TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	9	113.01	12.56	7.50
Tendón 2	12.7 mm	19	239.09	12.58	8.00
Tendón 3	12.7 mm	28	353.73	12.63	7.50
Tendón 4	12.7 mm	17	214.66	12.63	7.50
Tendón 5	12.7 mm	14	492.04	35.15	21.10
Tendón 6	12.7 mm	22	772.70	35.12	21.30
Tendón 7	12.7 mm	16	240.00	15.00	9.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 68. Tendones Módulo F – 3º Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	Nº TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	7	106.13	15.16	9.90
Tendón 2	12.7 mm	7	106.26	15.18	9.90
Tendón 3	12.7 mm	12	47.64	3.97	2.20
Tendón 4	12.7 mm	11	43.60	3.96	2.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69. Tendones Módulo G – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	10	151.12	15.11	10.00
Tendón 2	12.7 mm	18	272.10	15.12	10.00
Tendón 3	12.7 mm	28	423.27	15.12	10.00
Tendón 4	12.7 mm	17	255.73	15.04	9.60
Tendón 5	12.7 mm	17	255.73	15.04	9.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 70. Tendones Módulo I – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	N° TORONES	LONGITUD TORONES (m)	LONGITUD TENDONES (m)	ELONG (cm)
Tendón 1	12.7 mm	13	139.91	10.76	6.80
Tendón 2	12.7 mm	18	352.03	19.56	12.80
Tendón 3	12.7 mm	9	175.44	19.49	12.80
Tendón 4	12.7 mm	9	90.42	10.05	6.50
Tendón 5	12.7 mm	24	552.90	23.04	14.80
Tendón 6	12.7 mm	14	322.41	23.03	14.80

Fuente: Elaboración Propia

5.1. Punzonamiento de Losa

Después del análisis por punzonamiento de las columnas en las losas postensadas, se obtuvo como resultado que en la mayoría de las áreas analizadas no exceden los valores máximos permitidos y en las áreas de las losas que si han excedido sus esfuerzos se optó como solución reforzar con acero adherido toda el área de influencia respectiva; dichos refuerzos en cada área de influencia de la conexión columna – losa se especifica en los siguientes cuadros según el módulo diseñado.

Tabla 71. Refuerzo para punzonamiento Módulo A – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	BARRAS DE REFUERZO	LONG. EJE X	LONG. EJE Y	DISTANCIA	ESTRIBOS	LONG.
COLUMNA 2	8 mm	1	111.40	111.40	13.00	20.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	26.00	16.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	39.50	16.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	52.50	16.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	66.00	16.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	79.00	16.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	92.00	16.00	0.20
	8 mm	1	111.40	111.40	105.50	16.00	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72. Refuerzo para punzonamiento Módulo A – 3° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	BARRAS DE REFUERZO	LONG. EJE X	LONG. EJE Y	DISTANCIA	ESTRIBOS	LONG.
COLUMNA 4	8 mm	1	91.40	91.40	10.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	21.00	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	32.00	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	42.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	53.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	64.00	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	74.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	85.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	96.00	13.00	0.20
COLUMNA 7	8 mm	1	91.40	91.40	10.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	21.00	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	32.00	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	42.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	53.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	64.00	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	74.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	85.50	13.00	0.20
	8 mm	1	91.40	91.40	96.00	14.00	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73. Refuerzo para punzonamiento Módulo B – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	BARRAS DE REFUERZO	LONG. EJE X	LONG. EJE Y	DISTANCIA	ESTRIBOS	LONG.
COLUMNA 1	8 mm	1	45.70	55.70	21.00	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	32.00	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	42.50	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	53.50	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	64.00	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	74.50	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	85.50	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	96.00	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	107.00	9.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	117.50	9.00	0.20
COLUMNA 2	8 mm	1	71.40	45.70	21.00	18.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	32.00	18.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	42.50	18.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	53.50	17.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	64.00	16.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	74.50	15.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	85.50	15.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	96.00	15.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	107.00	15.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	117.50	15.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	128.00	15.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	139.00	16.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	149.50	17.00	0.20
	8 mm	1	71.40	45.70	160.50	18.00	0.20
COLUMNA 3	8 mm	1	45.70	55.70	21.00	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	32.00	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	42.50	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	53.50	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	64.00	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	74.50	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	85.50	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	96.00	8.00	0.20
	8 mm	1	45.70	55.70	107.00	8.00	0.20
COLUMNA 4	8 mm	1	45.70	71.40	21.00	17.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	32.00	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	42.50	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	53.50	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	64.00	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	74.50	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	85.50	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	96.00	14.00	0.20
COLUMNA 5	8 mm	1	66.40	66.40	32.00	35.00	0.20
	8 mm	1	66.40	66.40	42.50	30.00	0.20
	8 mm	1	66.40	66.40	53.50	25.00	0.20
	8 mm	1	66.40	66.40	64.00	25.00	0.20
	8 mm	1	66.40	66.40	74.50	25.00	0.20
	8 mm	1	66.40	66.40	85.50	25.00	0.20
	8 mm	1	66.40	66.40	96.00	25.00	0.20
COLUMNA 6	8 mm	1	45.70	71.40	21.00	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	32.00	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	42.50	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	53.50	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	64.00	14.00	0.20
	8 mm	1	45.70	71.40	74.50	14.00	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 74. Refuerzo para punzonamiento Módulo C

DESCRIPCIÓN	Ø	BARRAS DE REFUERZO	LONG. EJE X	LONG. EJE Y	DISTANCIA	ESTRIBOS	LONG.
COLUMNA 7	8 mm	1	40.70	40.70	10.50	4.00	0.20
	8 mm	1	40.70	40.70	21.00	4.00	0.20
	8 mm	1	40.70	40.70	32.00	4.00	0.20
	8 mm	1	40.70	40.70	42.50	4.00	0.20
	8 mm	1	40.70	40.70	53.50	4.00	0.20
COLUMNA 8	8 mm	1	66.40	35.70	10.50	10.00	0.20
	8 mm	1	66.40	35.70	21.00	9.00	0.20
	8 mm	1	66.40	35.70	32.00	9.00	0.20
	8 mm	1	66.40	35.70	42.50	9.00	0.20
	8 mm	1	66.40	35.70	53.50	9.00	0.20
	8 mm	1	66.40	35.70	64.00	9.00	0.20
	8 mm	1	66.40	35.70	74.50	10.00	0.20
8 mm	1	66.40	35.70	85.50	11.00	0.20	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 75. Refuerzo para punzonamiento Módulo F – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	BARRAS DE REFUERZO	LONG. EJE X	LONG. EJE Y	DISTANCIA	ESTRIBOS	LONG.
COLUMNA 1	8 mm	1	85.70	61.40	10.50	18.00	0.20
	8 mm	1	85.70	61.40	21.00	18.00	0.20
	8 mm	1	85.70	61.40	32.00	18.00	0.20
	8 mm	1	85.70	61.40	42.50	18.00	0.20
	8 mm	1	85.70	61.40	53.50	18.00	0.20
COLUMNA 2	8 mm	1	86.40	71.40	21.00	33.00	0.20
	8 mm	1	86.40	71.40	32.00	28.00	0.20
	8 mm	1	86.40	71.40	42.50	23.00	0.20
	8 mm	1	86.40	71.40	53.50	23.00	0.20
	8 mm	1	86.40	71.40	64.00	23.00	0.20
	8 mm	1	86.40	71.40	74.50	23.00	0.20
	8 mm	1	86.40	71.40	85.50	23.00	0.20
COLUMNA 5	8 mm	1	96.40	50.70	21.00	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	32.00	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	42.50	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	53.50	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	64.00	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	74.50	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	85.50	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	96.00	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	107.00	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	117.50	16.00	0.20
	8 mm	1	96.40	50.70	128.00	16.00	0.20
COLUMNA 6	8 mm	1	65.70	55.70	10.50	9.00	0.20
	8 mm	1	65.70	55.70	21.00	9.00	0.20
	8 mm	1	65.70	55.70	32.00	9.00	0.20
	8 mm	1	65.70	55.70	42.50	9.00	0.20
	8 mm	1	65.70	55.70	53.50	9.00	0.20
	8 mm	1	65.70	55.70	64.00	9.00	0.20
	8 mm	1	65.70	55.70	74.50	9.00	0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 76. Refuerzo para punzonamiento Módulo I – 1° y 2° Nivel

DESCRIPCIÓN	Ø	BARRAS DE REFUERZO	LONG. EJE X	LONG. EJE Y	DISTANCIA	ESTRIBOS	LONG.
COLUMNA 1	8 mm	1	55.70	65.70	10.50	10.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	21.00	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	32.00	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	42.50	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	53.50	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	64.00	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	74.50	7.00	0.20
COLUMNA 2	8 mm	1	55.70	65.70	10.50	10.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	21.00	8.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	32.00	8.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	42.50	8.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	53.50	8.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	64.00	8.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	74.50	8.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	85.50	8.00	0.20
COLUMNA 3	8 mm	1	21.40	101.40	21.00	16.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	32.00	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	42.50	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	53.50	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	64.00	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	74.50	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	85.50	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	96.00	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	107.00	14.00	0.20
	8 mm	1	21.40	101.40	117.50	15.00	0.20
COLUMNA 8	8 mm	1	55.70	65.70	10.50	9.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	21.00	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	32.00	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	42.50	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	53.50	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	64.00	7.00	0.20
	8 mm	1	55.70	65.70	74.50	7.00	0.20

Fuente: Elaboración Propia

5.2. Presupuesto

En el presupuesto de cada módulo con losas postensadas se obtuvieron resultados del costo según sus metrados obtenidos y analizando los precios unitarios de cada partida, además se obtuvo el precio por metro cuadrado de losa de cada módulo como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 77. Presupuesto de Losas Postensadas

Descripción	Precio	Área	Precio/m2
Módulo A	S/ 238,273.04	1025.00	S/ 232.46
Módulo B	S/ 90,696.95	375.00	S/ 241.86
Módulo C	S/ 102,415.65	392.25	S/ 261.10
Módulo D	S/ 140,038.04	782.70	S/ 178.92
Módulo E	S/ 86,309.46	341.40	S/ 252.81
Módulo F	S/ 225,447.22	931.80	S/ 241.95
Módulo G	S/ 156,891.75	677.25	S/ 231.66
Módulo I	S/ 145,406.12	662.24	S/ 219.57

Fuente: Elaboración Propia

Para el costo del módulo H que según diseño utiliza losa maciza de concreto armado, también se realizó su metrado y análisis de precio unitario correspondiente, seguido de su costo por metro cuadrado de losa.

Tabla 78. Metrado de Módulo H

Módulo H	DESCRIPCIÓN		CONCRETO (m3)	ACERO (kg)	ENCOFRADO (m2)
	Losa	Nivel 1	19.05	197.36	66.04
Viga	Nivel 1	4.50	8.50		
Losa	Nivel 2	19.05	197.36	66.04	
Viga	Nivel 2	4.50		8.50	
Losa	Nivel 3	19.05	197.36	66.04	
Viga	Nivel 3	4.50		8.50	
TOTAL			66.14	592.07	215.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79. Presupuesto de Losa Maciza de Concreto Armado

Descripción	Precio	Área	Precio/m2
Módulo H	S/ 46,803.70	190.50	S/ 245.69

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos de costo por metro cuadrado de losa de cada módulo, se realizó la comparación presupuestal entre losas postensadas y losas de concreto armado, hallando una diferencia porcentual, siendo las losas postensadas más económicas en un 5.35% en comparación con la losa maciza de concreto armado.

Tabla 80. Comparación de Costos por m2 de Losa

Descripción	Precio/m2	Promedio	Diferencia %
Módulo A	S/ 232.46	S/ 232.54	5.35%
Módulo B	S/ 241.86		
Módulo C	S/ 261.10		
Módulo D	S/ 178.92		
Módulo E	S/ 252.81		
Módulo F	S/ 241.95		
Módulo G	S/ 231.66		
Módulo I	S/ 219.57		
Módulo H	S/ 245.69	S/ 245.69	

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que los costos de materiales son incluyendo el flete puesto en obra (provincia de Cutervo) y actualizados al mes de junio de 2022 tanto para la losa postensada como para la losa maciza de concreto armado; los costos por metro cuadrado no incluyen IGV ni gastos generales.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de Hipótesis

Luego de haber realizado el predimensionamiento, metrado de cargas, modelamiento de los módulos, análisis y verificación estructural del Centro Cultural, así como el diseño de los cables postensados con un reforzamiento de acero adherido para cumplir con los parámetros admisibles según el Reglamento Nacional de Edificaciones y el código ACI 318, así mismo se elaboraron planos respectivos para las losas postensadas de cada módulo y se complementó con el metrado de sus partidas principales para su ejecución, posteriormente se logró calcular un presupuesto de cada módulo, incluyendo el módulo H que tiene una losa maciza de concreto armado; de manera que se pueda realizar su comparación de costos.

Cada hipótesis del tema de estudio se encuentra detallado en su respectiva matriz de consistencia, en el cual se da respuesta a cada problema específico también mencionado en la matriz de consistencia.

6.1.1. Contrastación de Hipótesis Específicas

Tabla 81. Contrastación de Hipótesis Específica H1

Hipótesis	Resultados Obtenidos	Observaciones
Con el programa ADAPT Builder 2015 permite conocer la distribución de los cables para identificar el comportamiento de las losas postensadas en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles.	El programa ADAPT Builder 2015 nos indica su ubicación de cada tendón y las trayectorias de los cables en cada losa postensada según sus momentos flectores, además realiza la verificación de la losa por tensión, flexión y punzonamiento, cumpliendo con sus factores permisibles según el código ACI 318	Se valida la hipótesis H1, ya que se comprobado que el programa ADAPT Builder ayuda a diseñar y conocer la trayectoria de los cables postensados.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82. Contrastación de Hipótesis Especifica H2

Hipótesis	Resultados Obtenidos	Observaciones
Las losas postensadas con el sistema no adherido cumplen con los requisitos permisibles de diseño a punzonamiento en un centro cultural de tres niveles.	Al evaluar las columnas por punzonamiento de cada módulo del Centro Cultural con el software ADAPT Builder 2015, nos da como resultado que ciertas columnas exceden con los esfuerzos permisibles, significando que necesita un reforzamiento con acero adherido, así mismo en otros casos las columnas no aplican para la verificación por punzonamiento y las columnas restantes si cumplen con los esfuerzos permisibles.	La hipótesis H2 es alterna , ya que del total de columnas se ha logrado comprobar que en gran cantidad cumplen con los requisitos permisibles de diseño a punzonamiento y los otros que no cumplen se da solución con refuerzo adherido a los que exceden los valores permisibles.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 83. Contrastación de Hipótesis Especifica H3

Hipótesis	Resultados Obtenidos	Observaciones
Utilizar losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles resulta viable ya que reduce sus costos de aplicación tanto a corto y largo plazo.	Haciendo un análisis de precios unitarios con el software S10 de cada losa de concreto postensado y losa de concreto armado, se obtuvo como respuesta que el costo de aplicación de losas postensadas es un 5.35% menor al costo de las losas de concreto armado.	Se valida la hipótesis H3, ya que se ha verificado que el costo de aplicación de las losas postensadas es menor y por lo tanto viable en comparación con las losas macizas de concreto armado.

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2. Contratación de Hipótesis General

Hipótesis: Las losas postensadas con el sistema no adherido optimiza el diseño estructural del centro cultural de tres niveles ubicado en la Provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

Comentario:

La utilización de losas con concreto postensado y losas de concreto armado son aceptables en el diseño de alguna edificación, sin embargo existen diferentes sustentos técnicos y económicos que demuestran una optimización en el diseño de estructuras al utilizar losas postensadas.

El sistema de losas con concreto postensado presenta un menor fisuramiento, se comporta bien ante cargas por gravedad y deflexiones utilizando un menor peralte de losa, a pesar de que el punto de aplicación ha sido módulos con luces libres de gran longitud; en el caso de sus columnas han tenido una mejora con las losas postensadas debido a que redujo las fallas por punzonamiento, además presentó un presupuesto promedio de S/. 232.54 por metro cuadrado de losa postensada.

Por otro lado la utilización de losas tradicionales de concreto armado, en este caso losas macizas, presentan un mayor fisuramiento, demanda de la utilización de vigas para realizar la transferencia de cargas a las columnas y en caso tengan luces libres grandes es necesario la utilización de mayor número de columnas, además se presentó un presupuesto promedio de S/. 245.69 por metro cuadrado de losa maciza.

6.2. Contrastación con Antecedentes

En los siguientes ítems se realizará mediante cuadros una comparación de resultados, tanto en antecedentes internacionales como nacionales, frente a los resultados obtenidos en esta investigación

6.2.1. Contrastación con Antecedentes Internacionales

Flores, Paati (2019) en su investigación sobre “Análisis comparativo de las respuestas estructurales entre sistemas porticados de hormigón armado, con losas postensadas y no postensadas” para la obtención del título de Ingeniero Civil por la Universidad Central del Ecuador.

Tabla 84. Contrastación con Antecedente Internacional de Flores & Paati

Antecedente	Resultados	Observaciones
Flores, Paati (2019)	Determinaron que las estructuras con losas postensadas presentan mejores respuestas estructurales, convirtiéndose en una opción viable de construcción, considerando que se cuenta con la materia prima y el personal calificado en el país para que esta tecnología sea explotada, además se concluyó que de acuerdo con el análisis de costos existe un ahorro del 17.30% en materiales.	Las respuestas obtenidas se asemejan en gran cantidad con el estudio, porque en los resultados se concluyó que las losas postensadas son viables en su construcción teniendo un ahorro del 5.35% y presentando una eficiente respuesta estructural.

Fuente: Elaboración Propia

Meza (2017) en la investigación sobre “**Aspectos Fundamentales del Concreto Presforzado**” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Tabla 85. Contrastación con Antecedente Internacional de Meza

Antecedente	Resultados	Observaciones
Meza (2017)	Concluyó que el postensado mejora el comportamiento estructural de un elemento, este mejoramiento por medio del presfuerzo aumenta la capacidad de carga y disminuye la sección del elemento, dicho presfuerzo induce fuerzas opuestas a las que producen las cargas de trabajo.	Los resultados coinciden con la investigación, ya que con los cables de presfuerzo cada losa puede mejorar su capacidad de carga y además disminuye su peralte de losa según sus luces libres entre columnas.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. Contrastación con Antecedentes Nacionales

Montes, Yalli (2021) en su tesis sobre “**Diseño Estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones no Adheridos**”, para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Huancavelica.

Tabla 86. Contrastación con Antecedente Nacional de Montes & Yalli

Antecedente	Resultados	Observaciones
Montes, Yalli (2021)	En el estudio concluyen que las losas postensadas reducen costos, aumenta la resistencia, durabilidad de los materiales y elementos estructurales, logra grandes luces libres que permiten mayor versatilidad y flexibilidad lográndose un eficiente aprovechamiento de los espacios.	Los resultados coinciden con la investigación, ya que los cables de presfuerzo son resistentes a la corrosión y por ende tienen mayor resistencia y durabilidad, además que logra aprovechar los espacios reduciendo el número de columnas.

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Al buscar cual es la influencia de las losas postensadas con el sistema no adherido en el Centro Cultural de tres niveles, se encontró que tienen varias influencias positivas como la reducción del costo de aplicación, un menor fisuramiento que las losas tradicionales de concreto armado, su peralte de losa es menor debido a la influencia de los cables tensados y nos permite aplicar este tipo de losas en longitudes libres muy amplias, logrando así optimizar el diseño estructural de dicho Centro Cultural.
2. Realizando el modelamiento de las losas postensadas utilizando el sistema no adherido con la ayuda del software ADAPT Builder, quien utiliza para su diseño el método de elementos finitos, se concluyó que para el diseño de losas el programa es más eficiente y exacto, frente al método de diseño de marco equivalente, logrando así conocer su comportamiento frente a diferentes puntos como tensión, deflexión, cortante, punzonamiento, entre otros; además facilita el diseño de la trayectoria de los tendones, conociendo las características técnicas del torón.
3. Haciendo la verificación por punzonamiento de las losas postensadas con el sistema no adherido, se concluyó que las columnas no afectan en gran porcentaje a la losa y cumple con los esfuerzo permisibles; en los casos que se haya excedido los esfuerzos permisibles se da como solución colocar acero adherido en el punto donde la losa tiende a fallar por punzonamiento de las columnas.
4. Se concluye que el costo de aplicación de las losas postensadas con el sistema no adherido reduce en un 5.35% en comparación con una losa maciza de concreto armado y al mismo tiempo se verifica que técnicamente estas losas tienen un menor porcentaje de fisuramiento como se detalla en el capítulo IV.


RECOMENDACIONES

1. Realizando el diseño de losas postensadas se debe tomar en cuenta las características técnicas de los cables postensados, ya que de acuerdo con dichas características se podrá calcular su fuerza efectiva y por ende su elongación.
2. Utilizar el software ADAPT Builder simplifica el diseño de losas postensadas, debido a que nos brinda los resultados automáticamente, siempre y cuando se configure y se especifique los valores principales de cada elemento como los peraltes de las losas y vigas, dimensiones de columnas y valores de elementos presforzados.
3. En la etapa constructiva de edificaciones con losas postensadas se debe utilizar mano de obra capacitada o especializada en elementos presforzados, ya que el buen comportamiento estructural de las losas postensadas depende de una correcta instalación de dichos elementos.
4. Es necesario la utilización de normas extranjeras en el diseño de losas postensadas como el código ACI 318 y el manual del PTI, para complementar la información debido a que, en el Reglamento Nacional de Edificaciones en su apartado de concreto armado solo habla en un capítulo del concreto presforzado de una manera general y limitada.
5. Diseñando losas postensadas sin vigas se debe analizar su comportamiento mediante punzonamiento, verificando que los esfuerzos no excedan los valores máximos, en caso excedan los valores se puede dar soluciones no necesariamente reforzando el área de falla, sino también agregando ábacos o capiteles.
6. Aplicar el sistema de losas postensadas en edificaciones que contengan luces libres mayores a siete metros, ya que a partir de esta longitud se puede lograr una estructura económica, reduciendo la utilización de materiales, menor peso de la estructura y por ende una menor carga actuante en sus cimentaciones.

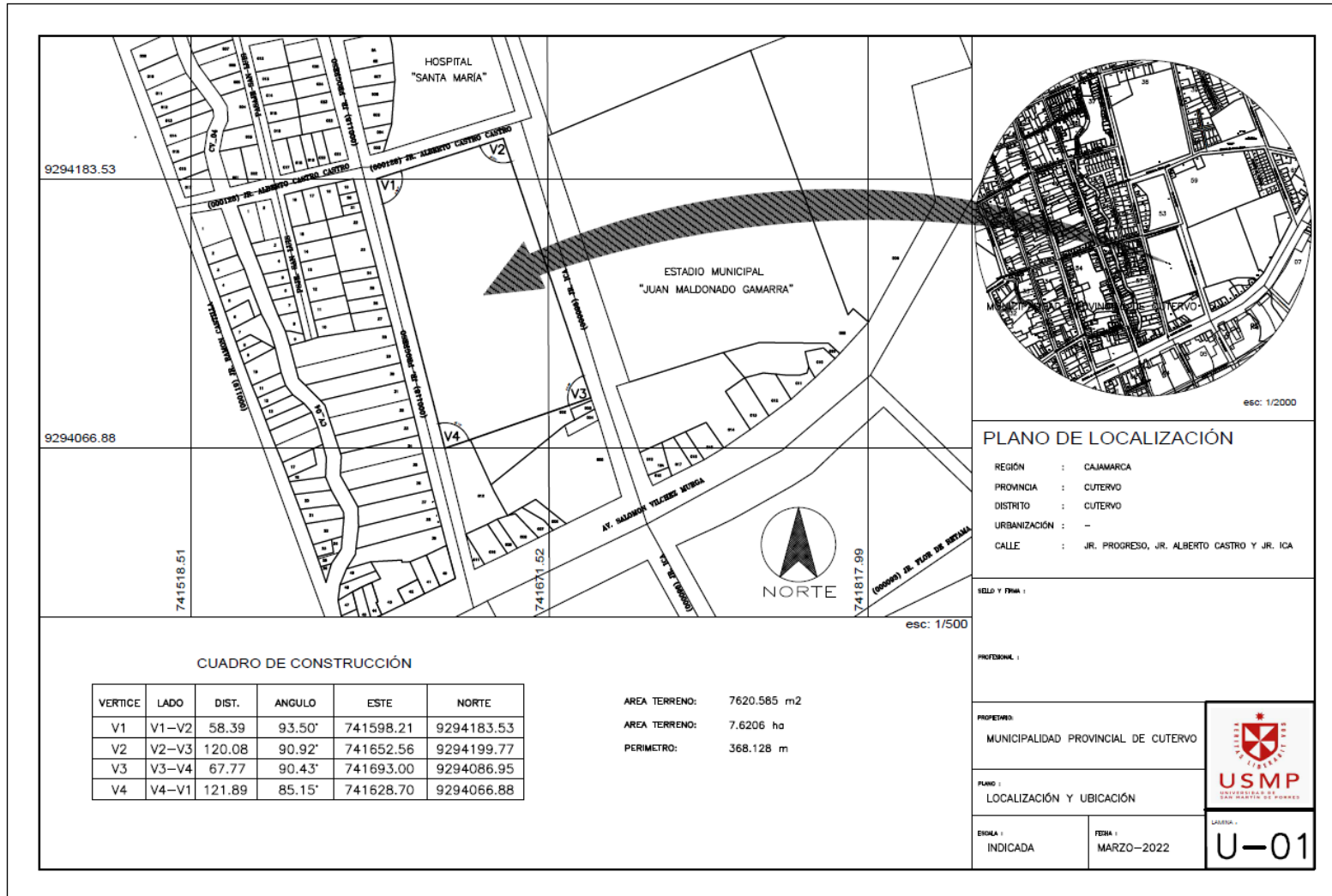
ANEXOS

	Página
Anexo 1. Matriz de Consistencia	118
Anexo 2. Plano de Ubicación del Centro Cultural	119
Anexo 3. Plano de Levantamiento Topográfico	120
Anexo 4. Planos en planta de Diseño Arquitectónico de Centro Cultural	121
Anexo 5. Cortes y Elevaciones de Centro Cultural	122
Anexo 6. Planos de Losa Postensada del Módulo A	123
Anexo 7. Planos de Losa Postensada del Módulo B	124
Anexo 8. Planos de Losa Postensada del Módulo C	125
Anexo 9. Planos de Losa Postensada del Módulo D	126
Anexo 10. Planos de Losa Postensada del Módulo E	127
Anexo 11. Planos de Losa Postensada del Módulo F	128
Anexo 12. Planos de Losa Postensada del Módulo G	129
Anexo 13. Planos de Losa Postensada del Módulo I	130
Anexo 14. Predimensionamiento de Losas Postensadas	152
Anexo 15. Presupuesto general de Losas Postensadas	161
Anexo 16. Análisis de Precios Unitarios de las Losas Postensadas	162
Anexo 17. Cotización Santa Rosa Import SAC	164
Anexo 18. Cotización Constructora & Consultora Hatarichiy SAC	165

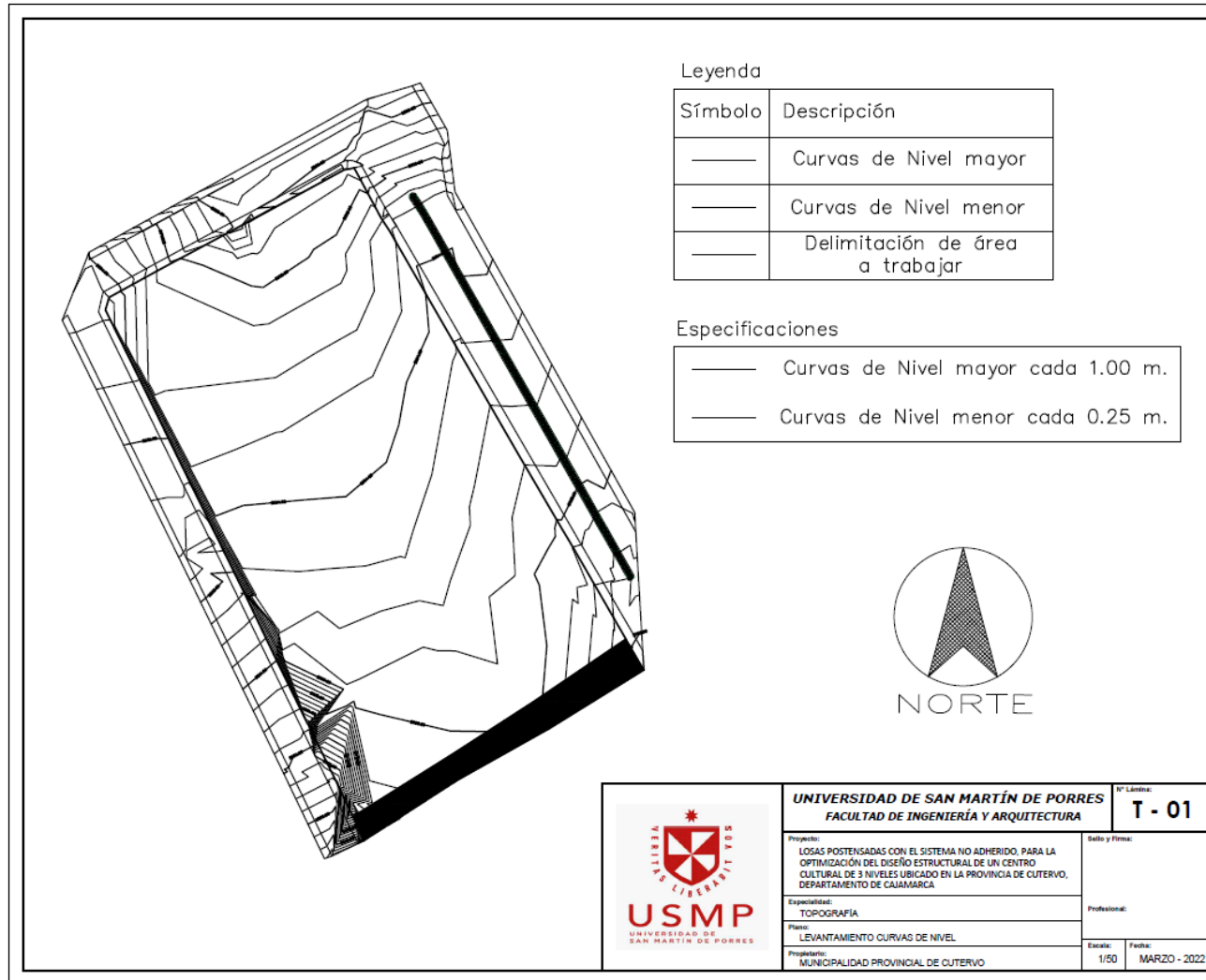
Anexo 1. Matriz de Consistencia

 Facultad de Ingeniería y Arquitectura	MATRIZ DE CONSISTENCIA				
Título de la Investigación	LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL DE TRES NIVELES UBICADO EN LA PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA				
Elaborado por:	Juan Whitman Oblitas Terrones				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	OPERACIÓN DE VARIABLES		METODOLOGÍA
Problema Principal	Objetivo Principal	Hipótesis Principal	Variable Independiente	Indicadores	DISEÑO
¿Cuál es la influencia de las losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño estructural de un Centro Cultural de tres niveles que demanda de amplios espacios libres y una arquitectura irregular?	Diseñar losas postensadas con el sistema no adherido, para la optimización del diseño estructural de un centro cultural de tres niveles ubicado en la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca	Las losas postensadas con el sistema no adherido optimizan el diseño estructural del centro cultural de tres niveles ubicado en la Provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.	Losas postensadas con el sistema no adherido	Predimensionamiento de losas postensadas	Tipo de Investigación: Cuantitativa
				Aplicación del sistema no adherido	Nivel de Investigación: Descriptiva
				Diseño de losas planas, con viga peraltada, unidireccional o bidireccional	Diseño de Investigación: No experimental
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Dependiente	Indicadores	MUESTRA
¿De qué manera se realizaría el modelamiento y análisis de losas postensadas con el sistema no adherido, en la optimización del diseño estructural del Centro Cultural de tres niveles?	Realizar el modelamiento y análisis de losas postensadas con el sistema no adherido, utilizando el método de elementos finitos con el uso del software ADAPT Builder 2015 en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles.	Con el programa ADAPT Builder 2015 permite conocer la distribución de los cables para identificar el comportamiento de las losas postensadas en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles.	Optimización del diseño estructural de un Centro Cultural de tres niveles	Predimensionamiento de la estructura	La población está conformada por el concreto postensado aplicado en edificaciones. La muestra está compuesta por losas postensadas aplicado en un Centro Cultural.
				INSTRUMENTOS	
				Modelamiento y análisis estructural	La técnica utilizada es la observación y experimentación, los resultados de cálculo y análisis se han procesado con los programas Excel, ADAPT y ETABS.
PROCEDIMIENTO					
¿Qué tan viable técnica y económicamente sería utilizar losas postensadas con el sistema no adherido a corto y largo plazo en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles teniendo en cuenta su ubicación geográfica?	Hacer una comparación técnica y económica de las losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño estructural de un Centro Cultural de tres niveles tomando en cuenta el costo promedio de una edificación con losas de concreto armado.	Utilizar losas postensadas con el sistema no adherido en el diseño estructural de un centro cultural de tres niveles resulta viable ya que reduce sus costos de aplicación tanto a corto y largo plazo.	Costo y presupuesto de la estructura	Levantamiento topográfico. Estructuración de planos arquitectónicos. Diseño y análisis estructural.	

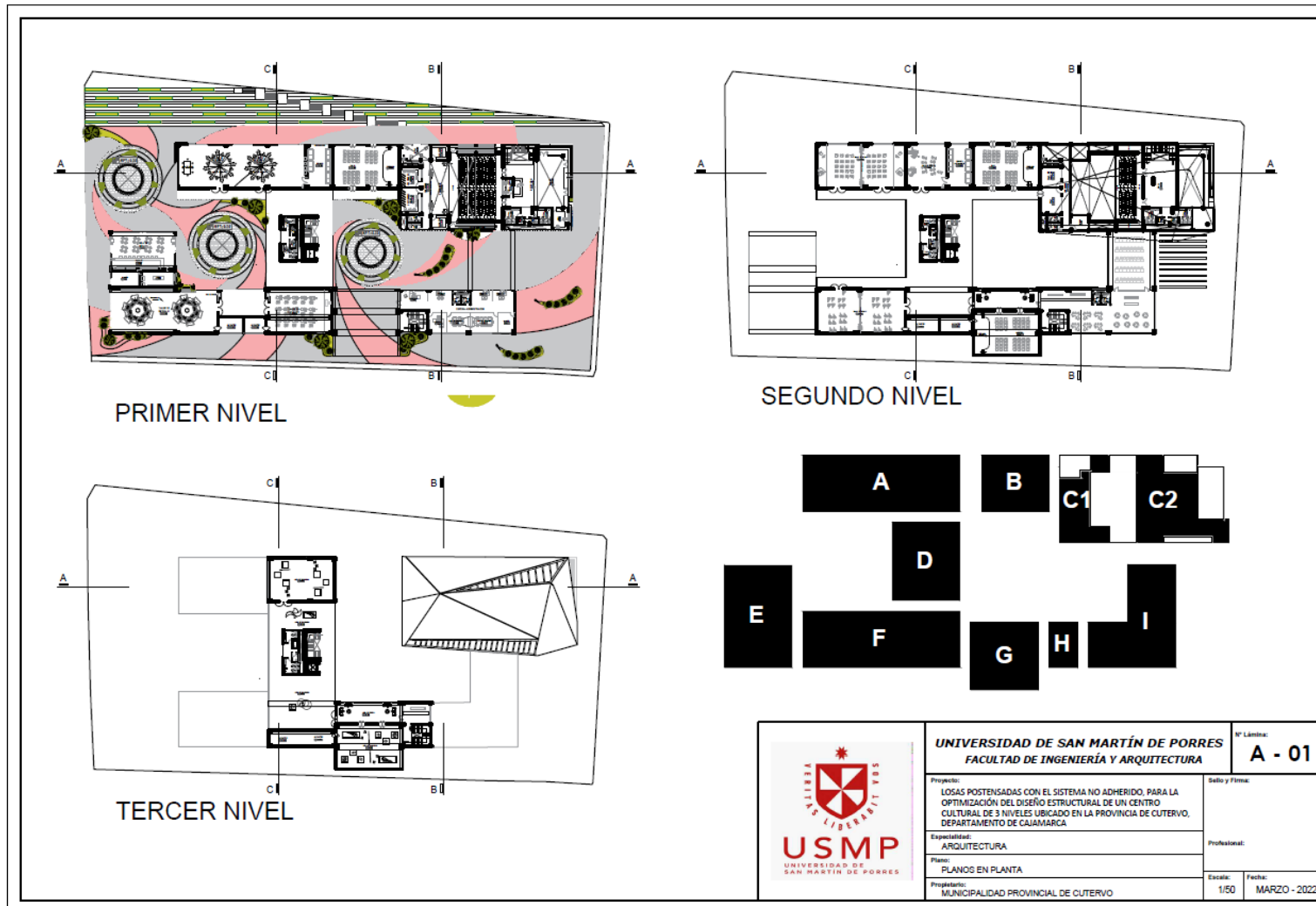
Anexo 2. Plano de Ubicación del Centro Cultural



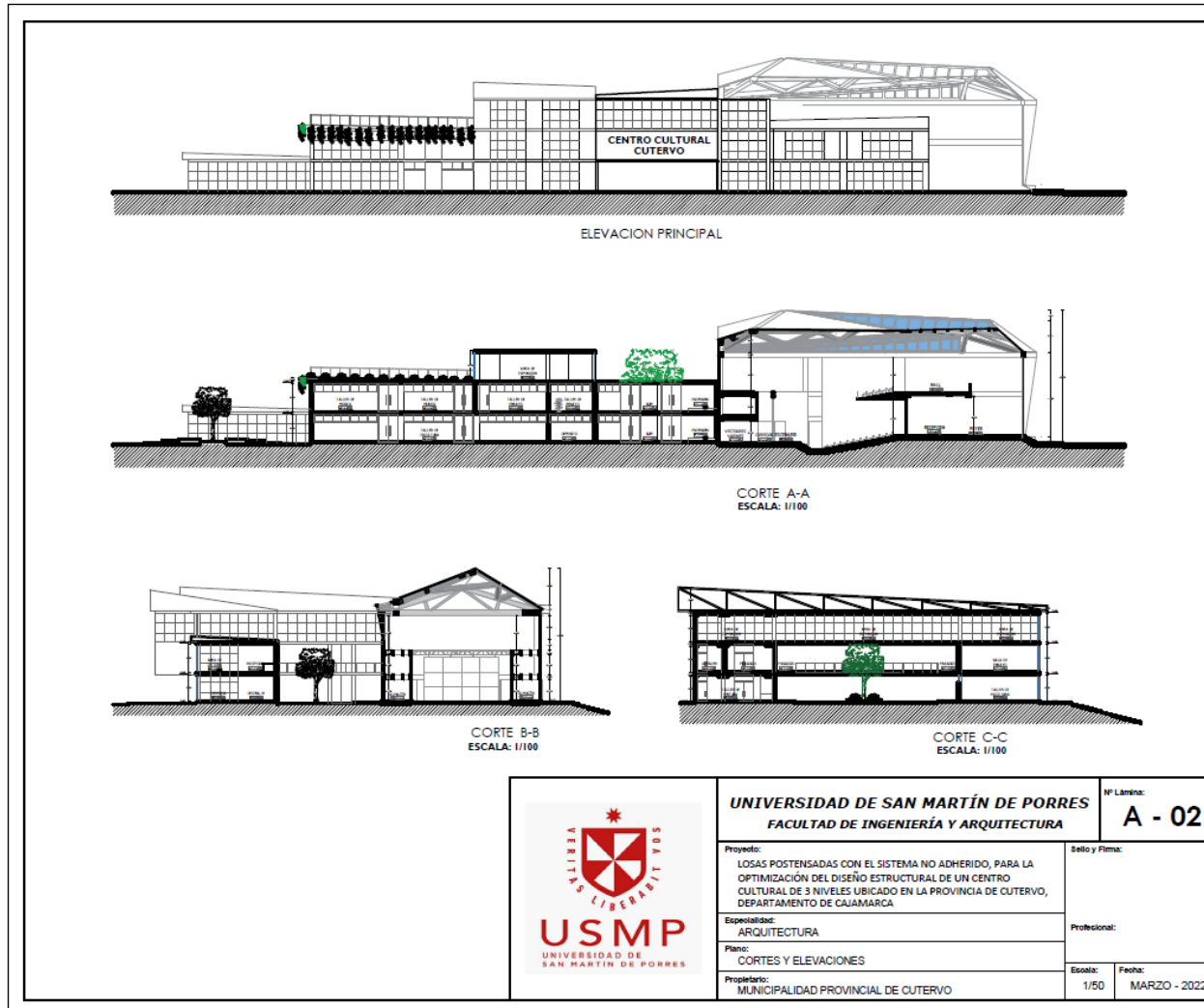
Anexo 3. Plano de Levantamiento Topográfico




Anexo 4. Planos en planta de Diseño Arquitectónico de Centro Cultural

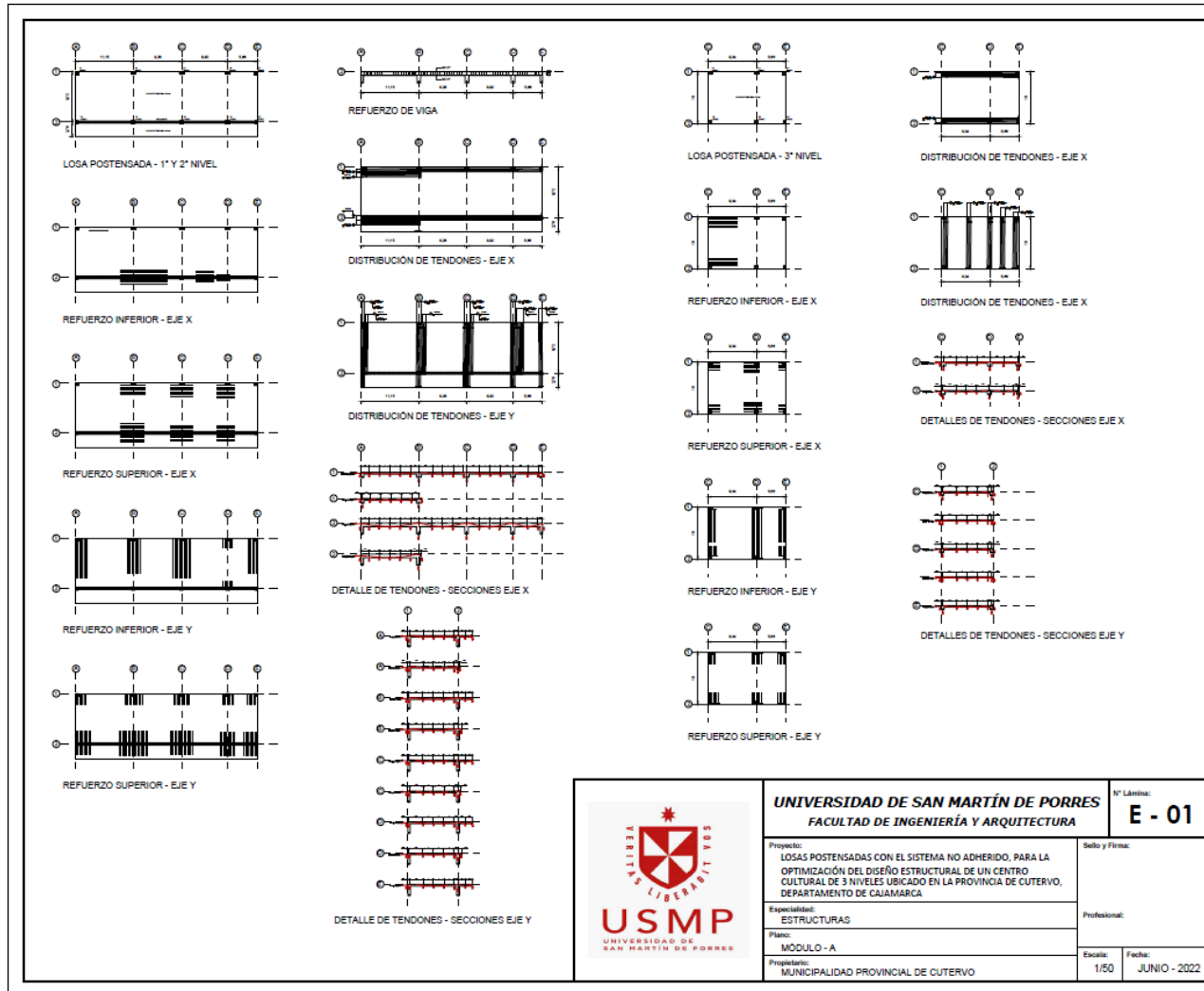


Anexo 5. Cortes y Elevaciones de Centro Cultural

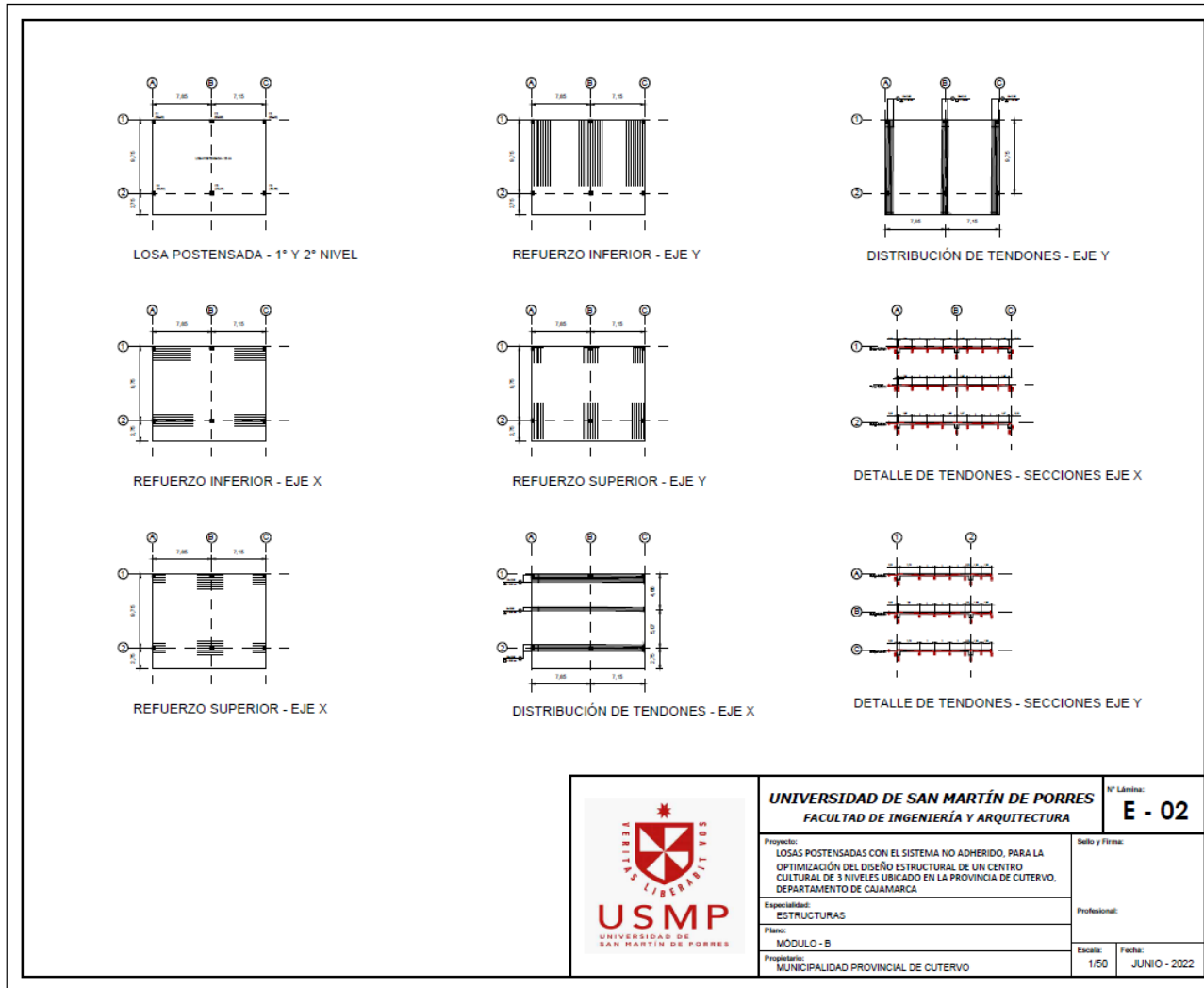


	UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		Nº Lámina: A - 02
	Proyecto: LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL DE 3 NIVELES UBICADO EN LA PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		Sello y Firma:
	Especialidad: ARQUITECTURA		Profesional:
	Plano: CORTES Y ELEVACIONES		Escala: 1/50
Propietario: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CUTERVO			

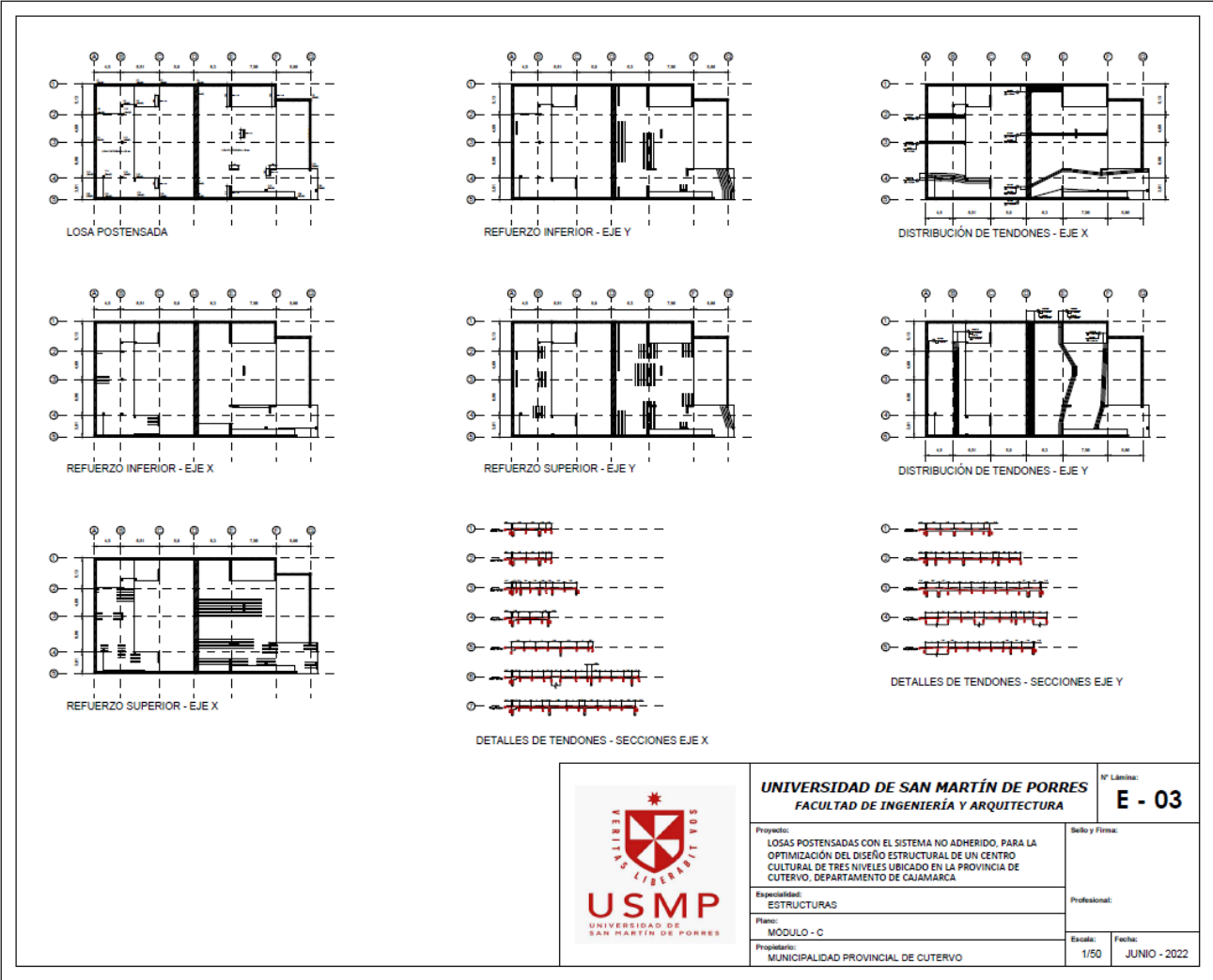
Anexo 6. Planos de Losa Postensada del Módulo A



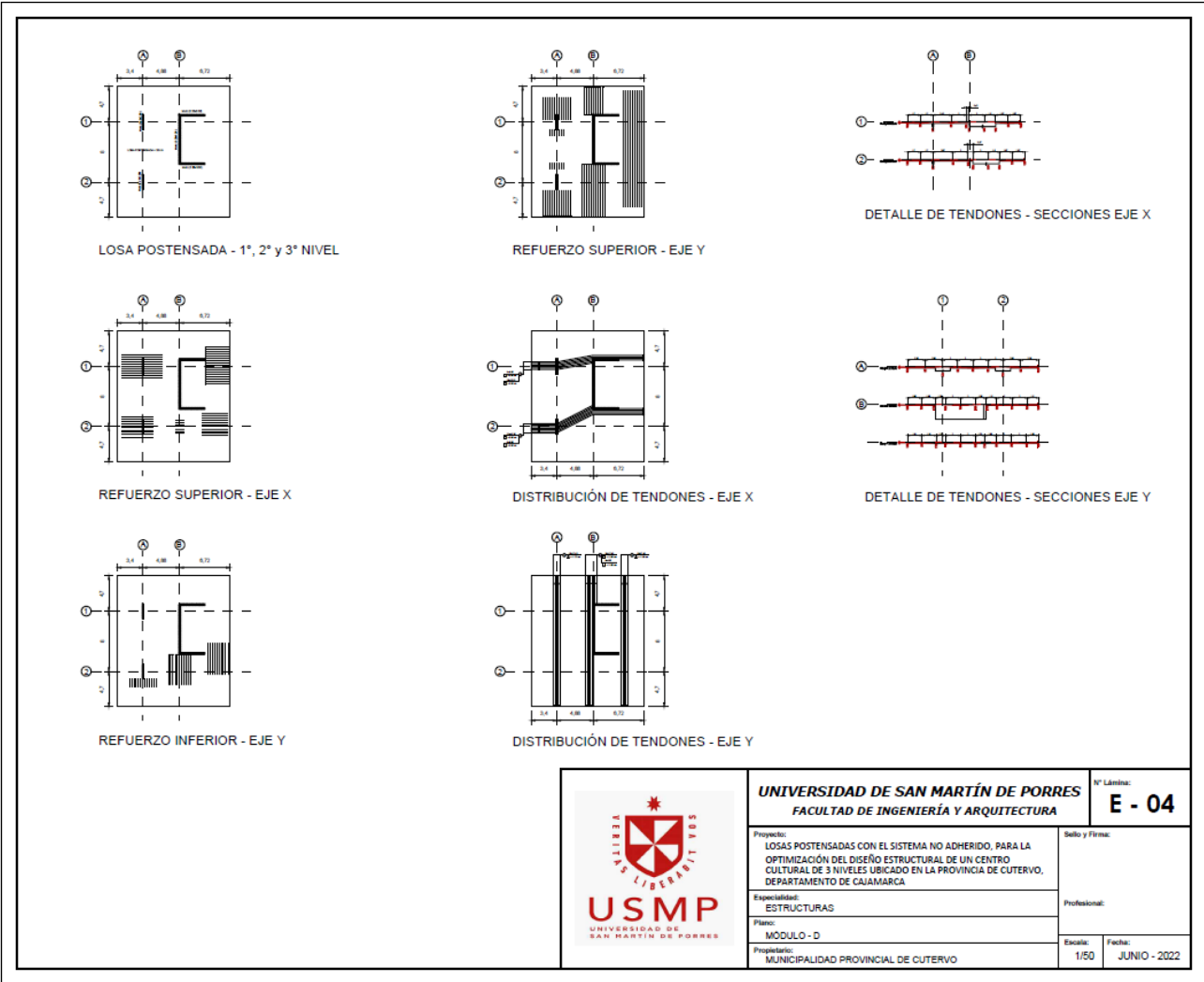
Anexo 7. Planos de Losa Postensada del Módulo B



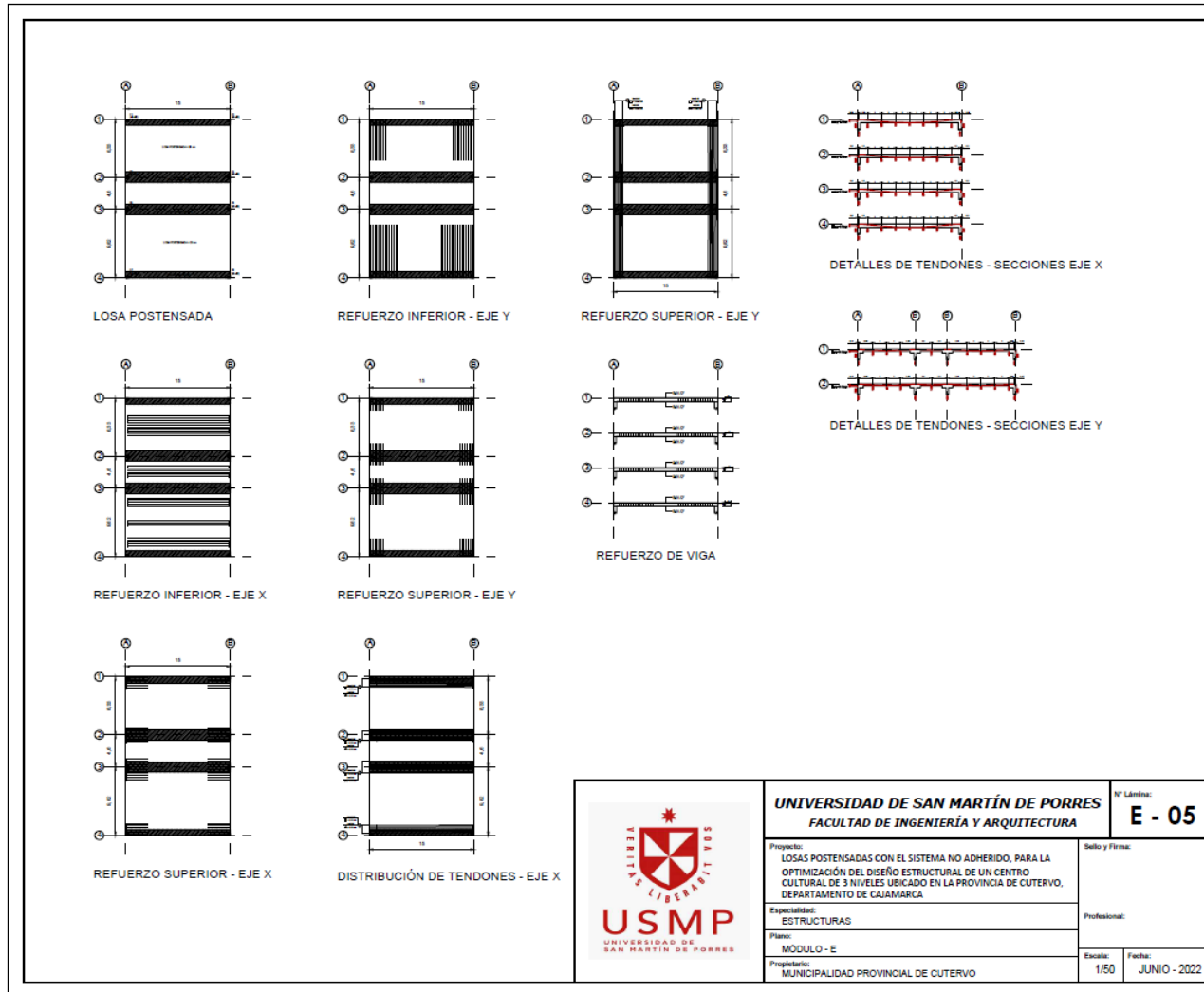
Anexo 8. Planos de Losa Postensada del Módulo C



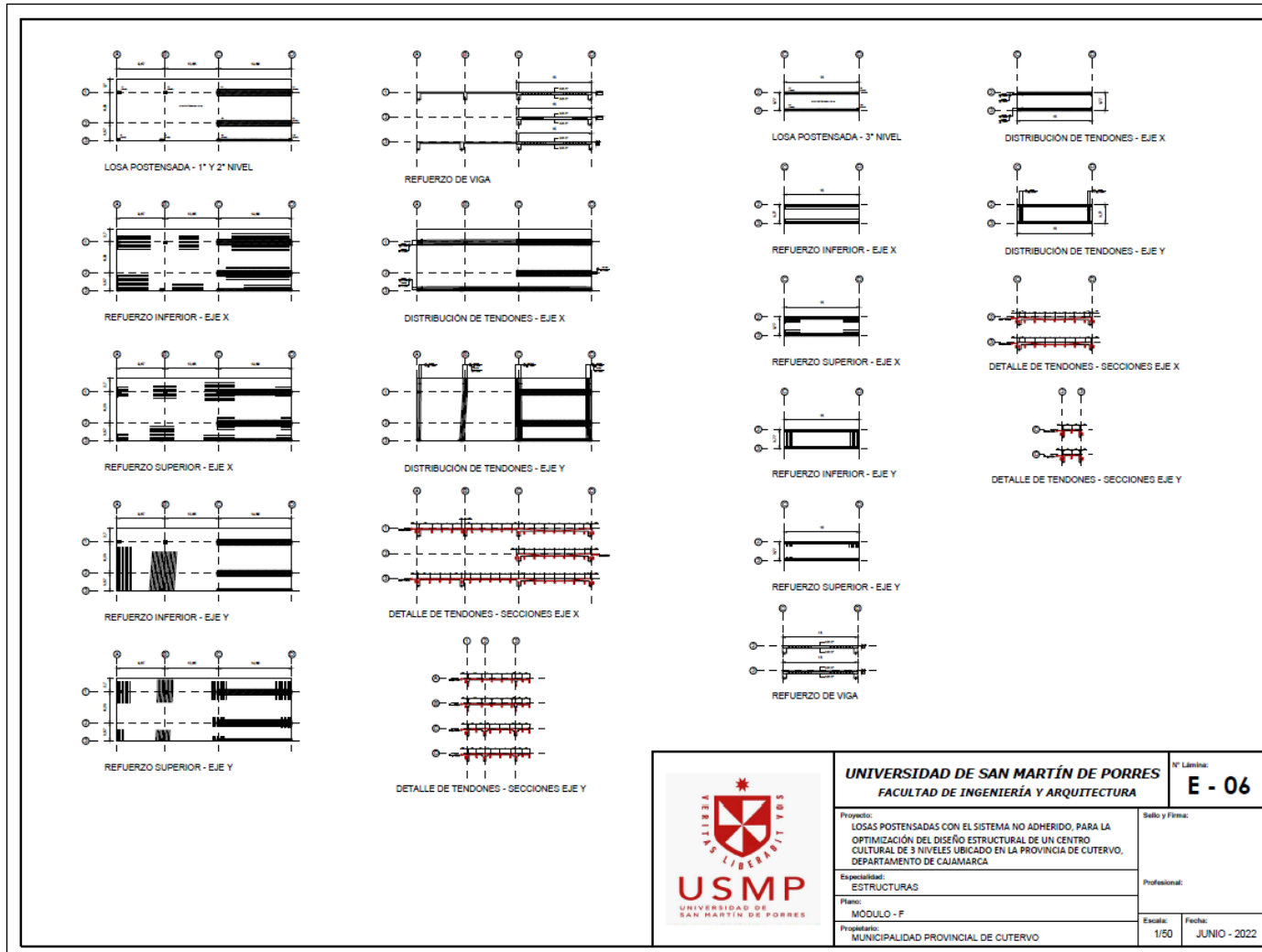
Anexo 9. Planos de Losa Postensada del Módulo D



Anexo 10. Planos de Losa Postensada del Módulo E

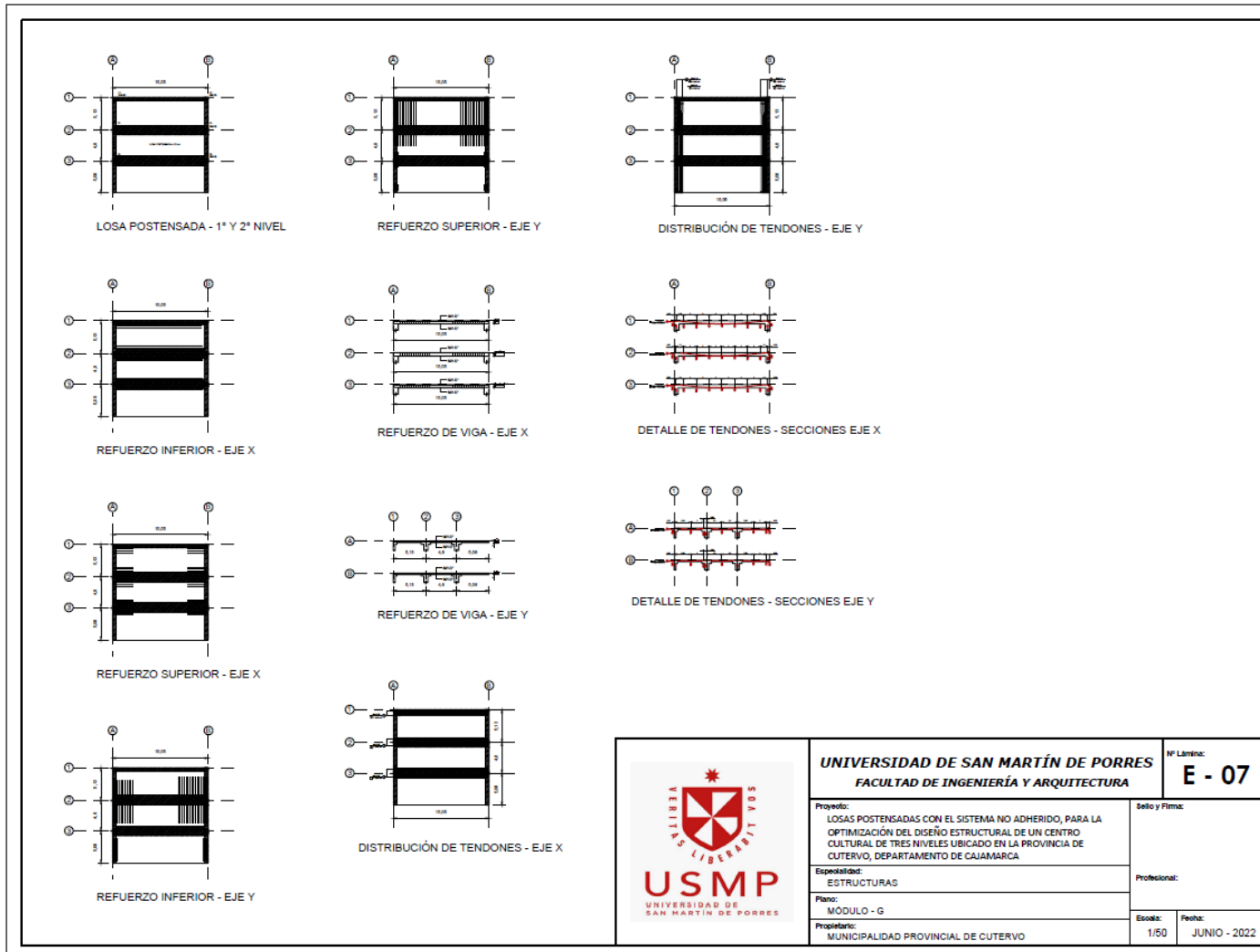


Anexo 11. Planos de Losa Postensada del Módulo F

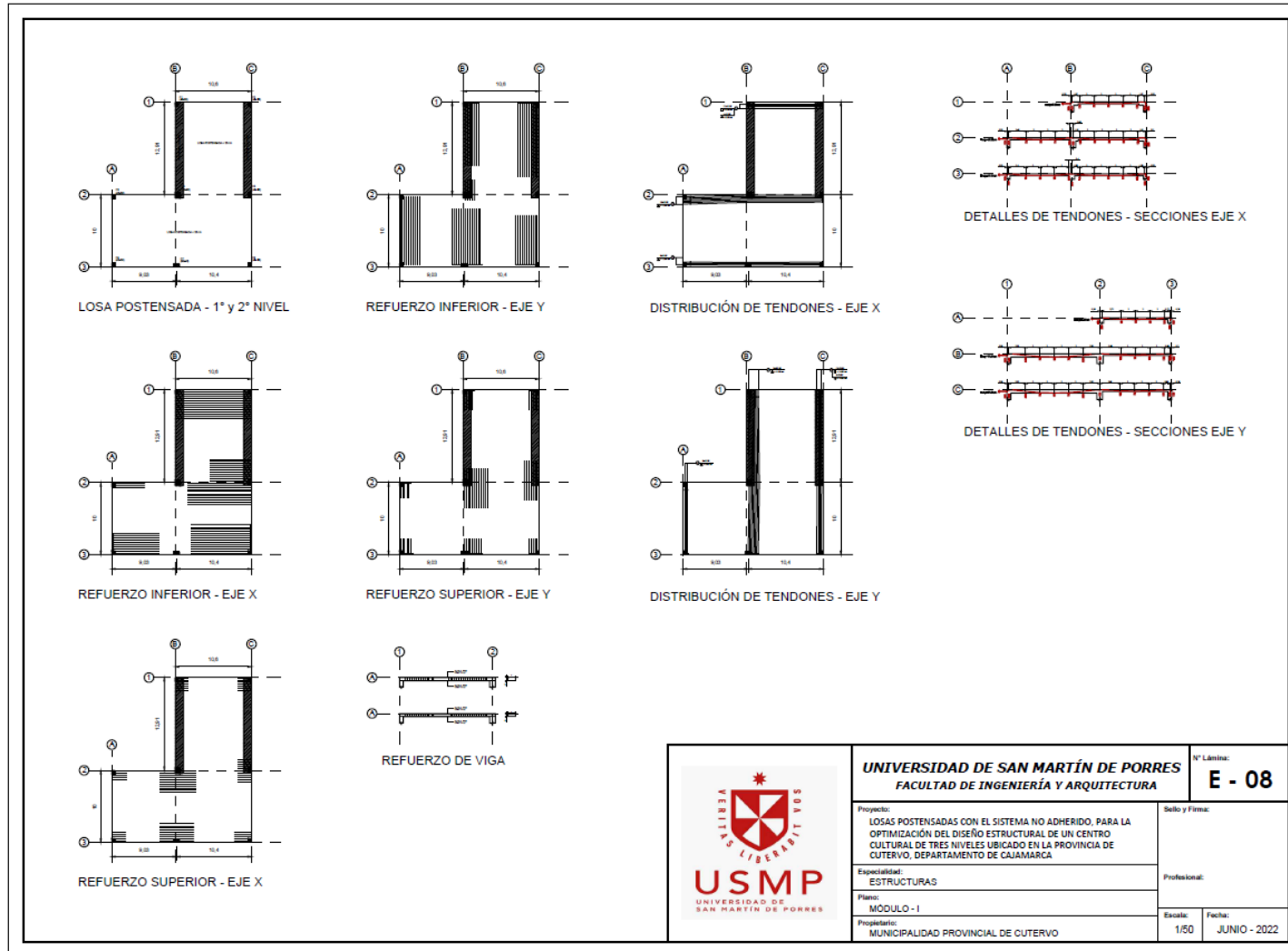


 USMP UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES	UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		N° Lámina: E - 06
	Proyecto: LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL DE 3 NIVELES UBICADO EN LA PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		Sello y Firma:
	Especialidad: ESTRUCTURAS		Profesional:
	Plano: MÓDULO - F		Escala: 1/50 Fecha: JUNIO - 2022
Proprietario: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CUTERVO			

Anexo 12. Planos de Losa Postensada del Módulo G



Anexo 13. Planos de Losa Postensada del Módulo I



 <p>USMP UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES</p>	UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		N° Lámina: E - 08
	Proyecto: LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO, PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN CENTRO CULTURAL DE TRES NIVELES UBICADO EN LA PROVINCIA DE CUTERVO, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		Sello y Firma:
	Especialidad: ESTRUCTURAS		Profesional:
	Plan: MÓDULO - I		Escala: 1/50 Fecha: JUNIO - 2022
Propietario: MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CUTERVO			

Anexo 14. Predimensionamiento de Losas Postensadas

1. MÓDULO A

-	Concreto Armado:	2400	kg/m ³
-	Acabado:	200	kg/m ²
-	Tabiquería Móvil:	200	kg/m ²
-	S/C:	300	kg/m ²
-	lit:	3,50	m

Espesor de Losa Postensada según ACI - 318

Longitud Libre Piso N° 01 =	10.32	m	→	b =	0.26	m	→	Losas Planas	→	Espesor de Losa Postensada	=	0.30	m
Longitud Libre Piso N° 02 =	10.32	m	→	b =	0.26	m	→	Losas Planas	→	Espesor de Losa Postensada	=	0.30	m
Longitud Libre Piso N° 02 =	9.60	m	→	b =	0.21	m	→	Losas Planas	→	Espesor de Losa Postensada	=	0.25	m
Longitud Libre =	10.27	m	→	b =	0.70	m							
Ancho Tributario =	7.5	m	→	b =	0.40	m							

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	l	a
CENTRAL	1.1	0.3
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESQUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESQUINA

Área tributaria de losa - Piso N° 01	=	27.80	m ²	L1 (X)	=	5.56	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	=	27.80	m ²	L2 (Y)	=	5.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 03	=	23.29	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	79.89		0.20	15.78
Tabiquería Móvil	1	79.89		0.20	15.78
Losas Plano 1	1	27.80		0.72	20.02
Losas Plano 2	1	27.80		0.72	20.02
Losas Plano 3	1	23.29		0.60	13.97
Columna	2	0.16	3.50	2.40	2.89
CARGA MUERTA (Tn)					88.25

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	111.92 tn
CARGA ÚLTIMA	163.76 tn

COLUMNA PERIMETRAL 1 → Columna para 3 niveles

Área tributaria de losa - Piso N° 01	=	50.00	m ²	L1 (X)	=	10.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	=	50.00	m ²	L2 (Y)	=	5.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	=	36.50	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	136.50		0.20	27.30
Tabiquería Móvil	1	136.50		0.20	27.30
Losas Plano 1	1	50.00		0.72	36.00
Losas Plano 2	1	50.00		0.72	36.00
Losas Plano 3	1	36.50		0.60	21.90
Columna	3	0.16	3.50	2.40	4.09
CARGA MUERTA (Tn)					152.53

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	195.46 tn
CARGA ÚLTIMA	283.16 tn

COLUMNA PERIMETRAL 2 → Columna para 2 niveles

Área tributaria de losa - Piso N° 01	=	41.71	m ²	L1 (X)	=	5.56	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	=	41.71	m ²	L2 (Y)	=	7.50	m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	83.42		0.20	16.68
Tabiquería Móvil	1	83.42		0.20	16.68
Losas Plano 1	1	41.71		0.72	30.03
Losas Plano 2	1	41.71		0.72	30.03
Columna	2	0.16	3.50	2.40	2.89
CARGA MUERTA (Tn)					96.12

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	121.14 tn
CARGA ÚLTIMA	177.11 tn

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típica 1	1	27.80	0.30	8.34
Sobrecarga Típica 2	1	27.80	0.30	8.34
Sobrecarga Típica 3	1	23.29	0.30	6.99
CARGA VIVA (Tn)				23.67

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típica 1	1	50.00	0.30	15.00
Sobrecarga Típica 2	1	50.00	0.30	15.00
Sobrecarga Típica 3	1	36.50	0.30	10.95
CARGA VIVA (Tn)				40.95

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típica 1	1	41.71	0.30	12.51
Sobrecarga Típica 2	1	41.71	0.30	12.51
CARGA VIVA (Tn)				25.03

COLUMNA CENTRAL

Área Tributaria de losa - Plano N° 01	•	75.00 m ²	11 (X)	•	10.00 m
Área Tributaria de losa - Plano N° 02	•	75.00 m ²	12 (Y)	•	7.50 m
Área Tributaria de losa - Plano N° 03	•	86.50 m ²			

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	288.52		0.20	57.40
Taliquerie Móvil	1	288.52		0.20	57.40
Losa Placa 1	1	75.00	0.72	54.00	
Losa Placa 2	1	75.00	0.72	54.00	
Losa Placa 3	1	86.50	0.60	21.40	
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.88
CARGA MUERTA (Tn)					207.18

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típica 1	1	75.00	0.80	22.50
Sobrecarga Típica 2	1	75.00	0.80	22.50
Sobrecarga Típica 3	1	86.50	0.80	25.85
CARGA VIVA (Tn)				55.85

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA		
CARGA POR SERVICIO	100.14	(t)
CARGA ÚLTIMA	180.18	(t)

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESCUINA		
F _c	=	0.28 (kg/cm ²)
P _d	=	111.82 (t)
λ	=	1.5
β	=	0.2
As _{req}	=	2897.8 (cm ²)
φ (X)	φ (Y)	φ (Z)

COLUMNA PERIMETRAL 1		
F _c	=	0.28 (kg/cm ²)
P _d	=	178.68 (t)
λ	=	1.25
β	=	0.25
As _{req}	=	4535.2 (cm ²)
φ (X)	φ (Y)	φ (Z)

COLUMNA PERIMETRAL 2		
F _c	=	0.28 (kg/cm ²)
P _d	=	122.54 (t)
λ	=	1.25
β	=	0.25
As _{req}	=	2184.9 (cm ²)
φ (X)	φ (Y)	φ (Z)

COLUMNA CENTRAL		
F _c	=	0.28 (kg/cm ²)
P _d	=	268.54 (t)
λ	=	1.1
β	=	0.8
As _{req}	=	3883.8 (cm ²)
φ (X)	φ (Y)	φ (Z)

2. MÓDULO B

- Concreto Armado: 2400 kg/m³
- Acabado: 300 kg/m²
- Taliquerie Móvil: 300 kg/m²
- S/C: 250 kg/m²
- M: 8.50 m

Espesor de Losa Postensada según ACI - 308

Longitud Libre Plano N° 01	=	8.20 m	→	λ	=	0.28 m	→	Losa Placa	→	Espesor de Losa Postensada	=	0.25 m
Longitud Libre Plano N° 02	=	8.20 m	→	λ	=	0.20 m	→	Losa Placa	→	Espesor de Losa Postensada	=	0.20 m

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

Tipo de Columna	λ	β
CENTRAL	1.1	0.8
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESCUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESCUINA

Área Tributaria de losa - Plano N° 01	•	20.25 m ²	11 (X)	•	4.05 m
Área Tributaria de losa - Plano N° 02	•	20.25 m ²	12 (Y)	•	5.00 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	40.50		0.20	8.10
Taliquerie Móvil	1	40.50		0.20	8.10
Losa Placa 1	1	20.25	0.80	17.35	
Losa Placa 2	1	20.25	0.68	8.72	
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.88
CARGA MUERTA (Tn)					40.76

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típica 1	1	20.25	0.25	5.06
Sobrecarga Típica 2	1	20.25	0.25	5.06
CARGA VIVA (Tn)				10.12

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA		
CARGA POR SERVICIO	50.88	(t)
CARGA ÚLTIMA	76.97	(t)

COLUMNA PERIMETRAL

Área Tributaria de losa - Plano N° 01	•	86.50 m ²	11 (X)	•	7.80 m
Área Tributaria de losa - Plano N° 02	•	86.50 m ²	12 (Y)	•	5.00 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	73.00		0.20	14.60
Taliquerie Móvil	1	73.00		0.20	14.60
Losa Placa 1	1	86.50	0.80	21.90	
Losa Placa 2	1	86.50	0.68	17.52	
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.88
CARGA MUERTA (Tn)					71.00

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típica 1	1	86.50	0.25	81.1
Sobrecarga Típica 2	1	86.50	0.25	81.1
CARGA VIVA (Tn)				162.20

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA		
CARGA POR SERVICIO	89.58	(t)
CARGA ÚLTIMA	140.80	(t)

COLUMNA CENTRAL

Área Tributaria de losa - Plano N° 01	•	54.75 m ²	11 (X)	•	7.80 m
Área Tributaria de losa - Plano N° 02	•	54.75 m ²	12 (Y)	•	7.50 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	109.50		0.30	21.40
Telajueria Móvil	1	109.50		0.30	21.40
Losas Placa 1	1	54.75		0.80	32.40
Losas Placa 2	1	54.75		0.68	26.39
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.88
CARGA MUERTA (Tn)					105.63

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	1.02.89 Tn
CARGA ÚLTIMA	196.40 Tn

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESCUINA	
FC	= 0.28 in/cent
PG	= 50.80 in
h	= 1.3
h ₀	= 0.2
Acid	= 1.982.9 in ²
0.10	0.10 0.10 0.20

COLUMNA PERIMETRAL	
FC	= 0.28 in/cent
PG	= 89.08 in
h	= 1.25
h ₀	= 0.25
Acid	= 1596.8 in ²
0.10	0.10 0.10 0.20

COLUMNA CENTRAL	
FC	= 0.28 in/cent
PG	= 142.89 in
h	= 1.1
h ₀	= 0.8
Acid	= 2141.8 in ²
0.10	0.10 0.10 0.20

3. MÓDULO C

- Concreto Armado: 2400 kg/m³
- Acabado: 200 kg/m²
- Telajueria Móvil: 200 kg/m²
- S/C: 400 kg/m²
- M: 4.00 in

Espeor de Losa Posttensionada según ACI - 308

Longitud Libre Placa N° 01.05	= 10.07 in	→	h = 0.25 in	→	Losas con Vigas Placa	→	Espeor de Losa Posttensionada	= 0.25 in
Longitud Libre Placa N° 01.02	= 8.85 in	→	h = 0.21 in	→	Losas Placa	→	Espeor de Losa Posttensionada	= 0.25 in
Vigas Placa Longitud	14.79 in	→	h = 0.30 in	→		→		= 0.75

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TPO DE COLUMNA	h	h ₀
CENTRAL	1.1	0.8
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESCUINA	1.3	0.2

COLUMNA ESCUINA 1

Área tributaria de losa - Placa N° 01.05	= 4.18 m ²	11 (X)	= 4.40 in
		12 (Y)	= 3.00 in

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	4.18		0.30	0.84
Telajueria Móvil	1	4.18		0.30	0.84
Losas Placa 1	1	4.18		0.80	2.51
Columna	2	0.16	4.00	2.40	8.07
CARGA MUERTA (Tn)					7.26

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	8.84 Tn
CARGA ÚLTIMA	118.02 Tn

COLUMNA ESCUINA 2

Área tributaria de losa - Placa N° 01.02	= 12.28 m ²	11 (X)	= 8.57 in
		12 (Y)	= 1.18 in

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	12.28		0.30	2.68
Telajueria Móvil	1	12.28		0.30	2.68
Losas Placa 1	1	12.28		0.80	7.87
Columna	2	0.16	4.00	2.40	8.07
CARGA MUERTA (Tn)					13.90

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	20.18 Tn
CARGA ÚLTIMA	29.88 Tn

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tipo 1	1	54.75	0.25	13.69
Sobrecarga Tipo 2	1	54.75	0.25	13.69
CARGA VIVA (Tn)				27.38

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tipo 1	1	4.18	0.40	1.68
CARGA VIVA (Tn)				1.68

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tipo 1	1	12.28	0.40	4.91
CARGA VIVA (Tn)				4.91

COLUMNA PERIMETRAL 1

Área tributaria de losa - Piso N° 01.01 * 12.88 m² 11 (X) * 2.45 m
12 (Y) * 5.24 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	12.88		0.20	2.57
Taliquera Móvil	1	12.88		0.20	2.57
Losa Placa 1	1	12.88		0.60	7.70
Columna	2	0.16	4.00	2.40	3.07
CARGA MUERTA (Tm)					15.91

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial	
COLUMNA					
Sobrecarga Tijera 1	1	12.88	0.60	5.13	
CARGA VIVA (Tm)					5.13

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA		
CARGA POR SERVICIO	21.04	Tm
CARGA ÚLTIMA	82.99	Tm

COLUMNA PERIMETRAL 2

Área tributaria de losa - Piso N° 01.02 * 30.56 m² 11 (X) * 8.57 m
12 (Y) * 8.57 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	30.56		0.20	6.51
Taliquera Móvil	1	30.56		0.20	6.51
Losa Placa 1	1	30.56		0.60	18.96
Columna	2	0.16	4.00	2.40	3.07
CARGA MUERTA (Tm)					35.05

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial	
COLUMNA					
Sobrecarga Tijera 1	1	30.56	0.60	12.22	
CARGA VIVA (Tm)					12.22

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA		
CARGA POR SERVICIO	45.88	Tm
CARGA ÚLTIMA	87.87	Tm

COLUMNA CENTRAL

Área tributaria de losa - Piso N° 01 * 22.52 m² 11 (X) * 4.80 m
12 (Y) * 5.24 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	22.52		0.20	6.50
Taliquera Móvil	1	22.52		0.20	6.50
Losa Placa 1	1	22.52		0.60	14.31
Columna	2	0.16	4.00	2.40	3.07
CARGA MUERTA (Tm)					29.38

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial	
COLUMNA					
Sobrecarga Tijera 1	1	22.52	0.60	9.01	
CARGA VIVA (Tm)					9.01

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA		
CARGA POR SERVICIO	34.60	Tm
CARGA ÚLTIMA	51.14	Tm

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESQUINA 1		
FC	=	0.28 m ² /m ²
PG	=	8.84 Tm
S	=	1.3
n	=	0.2
Área	=	7.08 m ²
0.90	0.20	0.10

COLUMNA ESQUINA 2		
FC	=	0.28 m ² /m ²
PG	=	20.28 Tm
S	=	1.3
n	=	0.2
Área	=	14.91 m ²
0.10	0.40	0.30

COLUMNA PERIMETRAL 1		
FC	=	0.28 m ² /m ²
PG	=	21.04 Tm
S	=	1.25
n	=	0.25
Área	=	87.0 m ²
0.30	0.15	0.40

COLUMNA PERIMETRAL 2		
FC	=	0.28 m ² /m ²
PG	=	45.88 Tm
S	=	1.25
n	=	0.25
Área	=	116.9 m ²
0.20	0.10	0.40

COLUMNA CENTRAL 1		
FC	=	0.28 m ² /m ²
PG	=	44.60 Tm
S	=	1.1
n	=	0.8
Área	=	110.1 m ²
0.20	0.20	0.30

4. MÓDULO D

- Concreto Armado: 2400 kg/m³
- Acabado: 200 kg/m²
- Taliquera Móvil: 200 kg/m²
- S/C: 250 kg/m²
- H: 8.50 m

Espeor de Losa Postesada según ACI - 308

Longitud Libre Piso N° 01 =	8.00 m	→	h =	0.20 m	→	Losas Placa	→	Espeor de Losa Postesada =	0.20 m
Longitud Libre Piso N° 02 =	8.00 m	→	h =	0.20 m	→	Losas Placa	→	Espeor de Losa Postesada =	0.20 m
Longitud Libre Piso N° 03 =	8.00 m	→	h =	0.20 m	→	Losas Placa	→	Espeor de Losa Postesada =	0.20 m

4. MÓDULO E

-	Concreto Armado:	2400	kg/m ³
-	Acabado:	200	kg/m ²
-	Telajero de Malla:	200	kg/m ²
-	S/C:	250	kg/m ²
-	MT	8.50	m

Espesor de Losa Postesada según ACI - 308

Longitud Libre Piso N° 01 +	8.80 m	→	b +	0.38 m	→	Losa Plana	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.25 m
Longitud Vigas Plana +	15.00 m	→	b +	0.50 m	↓	×	0.80	↓	1.50	

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	A	B
CENTRAL	1.1	0.8
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESQUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESQUINA

Área tributaria de losa - Piso N° 01	×	87.50 m ²	11 (X)	×	7.50 m
			12 (Y)	×	5.00 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	87.50		0.20	7.50
Telajero de Malla	1	87.50		0.20	7.50
Losa Plana 1	1	87.50		0.80	22.50
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.88
CARGA MUERTA (Tn)					60.78

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial	
COLUMNA					
Sobrecarga Tipo 1	1	87.50	0.25	9.88	
CARGA VIVA (Tn)					9.88

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	69.56 Tn
CARGA ÚLTIMA	72.20 Tn

COLUMNA PERIMETRAL

Área tributaria de losa - Piso N° 01	×	58.25 m ²	11 (X)	×	7.50 m
			12 (Y)	×	7.10 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	58.25		0.20	10.65
Telajero de Malla	1	58.25		0.20	10.65
Losa Plana 1	1	58.25		0.80	21.95
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.88
CARGA MUERTA (Tn)					55.93

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial	
COLUMNA					
Sobrecarga Tipo 1	1	58.25	0.25	14.81	
CARGA VIVA (Tn)					14.81

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	64.25 Tn
CARGA ÚLTIMA	100.94 Tn

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESQUINA	
F ₁	× 0.38 m ² (0.50m ²)
P ₀	× 69.56 Tn
A	× 1.1
B	× 0.2
Acid	× 1.027.6 m² (10.2)
ρ₁ (X)	0.45
ρ₂ (Y)	0.80

COLUMNA PERIMETRAL	
F ₁	× 0.26 m ² (0.50m ²)
P ₀	× 64.25 Tn
A	× 1.25
B	× 0.25
Acid	× 1.086.8 m² (10.2)
ρ₁ (X)	0.45
ρ₂ (Y)	0.80

5. MÓDULO F

-	Concreto Armado:	2400	kg/m ³
-	Acabado:	200	kg/m ²
-	Telajero de Malla:	200	kg/m ²
-	S/C:	800	kg/m ²
-	MT	8.50	m

Espesor de Losa Postesada según ACI - 308

Longitud Libre Piso N° 01 +	10.00 m	→	b +	0.25 m	→	Losa Plana	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.25 m
Longitud Libre Piso N° 02 +	10.00 m	→	b +	0.25 m	→	Losa Plana	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.25 m
Longitud Libre Piso N° 03 +	5.00 m	→	b +	0.38 m	→	Losa Plana	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.20 m
Longitud Libre de Vigas Plana +	14.82 m	→	b +	0.50 m	↓	×	1.20	↓	0.60	

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	λ	μ
CENTRAL	1.1	0.8
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESQUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESQUINA

Área tributaria de losa - Piso N° 05	+	28.86	m ²	11 (X)	+	8.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	+	28.86	m ²	12 (Y)	+	5.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 08	+	14.12	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	80.88		0.25	20.22
Telaje de Móvil	1	80.88		0.25	20.22
Losa Placa 1	1	28.86		0.80	23.08
Losa Placa 2	1	28.86		0.80	23.08
Losa Placa 8	1	14.12		0.48	6.78
Columna	8	0.18	8.50	2.40	19.20
CARGA MUERTA (Tm)					94.52

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	81.48 Tm
CARGA ÚLTIMA	138.55 Tm

COLUMNA PERIMETRAL

Área tributaria de losa - Piso N° 05	+	50.00	m ²	11 (X)	+	10.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	+	50.00	m ²	12 (Y)	+	5.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 08	+	14.12	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	114.12		0.25	28.53
Telaje de Móvil	1	114.12		0.25	28.53
Losa Placa 1	1	50.00		0.80	40.00
Losa Placa 2	1	50.00		0.80	40.00
Losa Placa 8	1	14.12		0.48	6.78
Columna	8	0.18	8.50	2.40	19.20
CARGA MUERTA (Tm)					123.24

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	130.88 Tm
CARGA ÚLTIMA	221.24 Tm

COLUMNA CENTRAL

Área tributaria de losa - Piso N° 05	+	35.00	m ²	11 (X)	+	10.00	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02	+	35.00	m ²	12 (Y)	+	7.50	m
Área tributaria de losa - Piso N° 08	+	14.12	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	84.12		0.25	21.03
Telaje de Móvil	1	84.12		0.25	21.03
Losa Placa 1	1	35.00		0.80	28.00
Losa Placa 2	1	35.00		0.80	28.00
Losa Placa 8	1	14.12		0.48	6.78
Columna	8	0.18	8.50	2.40	19.20
CARGA MUERTA (Tm)					104.04

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	73.68 Tm
CARGA ÚLTIMA	126.74 Tm

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESQUINA	
F _c	= 0.28 kg/cm^2
P _g	= 81.48 Tm
λ	= 1.5
μ	= 0.2
A _{col}	= 2782.5 cm^2
ρ _{min}	0.5%
ρ _{max}	0.8%

COLUMNA PERIMETRAL	
F _c	= 0.28 kg/cm^2
P _g	= 130.88 Tm
λ	= 1.25
μ	= 0.25
A _{col}	= 2981.0 cm^2
ρ _{min}	0.1%
ρ _{max}	0.4%

COLUMNA CENTRAL	
F _c	= 0.28 kg/cm^2
P _g	= 215.88 Tm
λ	= 1.1
μ	= 0.8
A _{col}	= 2624.8 cm^2
ρ _{min}	0.8%
ρ _{max}	0.8%

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típic 1	1	28.86	0.80	23.08
Sobrecarga Típic 2	1	28.86	0.80	23.08
Sobrecarga Típic 8	1	14.12	0.80	6.28
CARGA VIVA (Tm)				52.44

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típic 1	1	50.00	0.80	40.00
Sobrecarga Típic 2	1	50.00	0.80	40.00
Sobrecarga Típic 8	1	14.12	0.8	6.28
CARGA VIVA (Tm)				86.28

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Típic 1	1	35.00	0.80	28.00
Sobrecarga Típic 2	1	35.00	0.80	28.00
Sobrecarga Típic 8	1	14.12	0.80	6.28
CARGA VIVA (Tm)				62.28

E. MÓDULO G

-	Concreto Armado:	2400	kg/m ³
-	Acabado:	200	kg/m ²
-	Taliquera Móvil:	200	kg/m ²
-	S/C:	800	kg/m ²
-	HT:	8.50	m

Espesor de Losa Postesada según ACI - 308

Longitud Libre Piso N° 01 *	5.00	m	→	b *	0.18	m	→	Losa Placa	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.20	m
Longitud Libre Piso N° 02 *	5.00	m	→	b *	0.18	m	→	Losa Placa	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.20	m
Longitud Libre Piso N° 08 *	5.00	m	→	b *	0.18	m	→	Losa Placa	→	Espesor de Losa Postesada	=	0.20	m
Longitud Libre de Vigas Placa	14.65	m	→	b *	0.30	m	↓		*	0.55	y	1.50	
Longitud Libre de Vigas Vialitas	5.00	m	→	b *	0.25	m	↓		*	0.55			

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	λ	μ
CENTRAL	1.1	0.4
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESQUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESQUINA

Área tributaria de losa - Piso N° 01 *	=	18.58	m ²	11 (3)	=	7.58	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02 *	=	18.58	m ²	12 (7)	=	2.80	m
Área tributaria de losa - Piso N° 08 *	=	18.58	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	58.76		0.20	11.75
Taliquera Móvil	1	58.76		0.20	11.75
Losa Placa 1	1	18.58		0.48	8.83
Losa Placa 2	1	18.58		0.48	8.83
Losa Placa 8	1	18.58		0.48	8.83
Columna	8	0.18	8.50	2.80	22.40
CARGA MUERTA (Tn)					55.79

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	75.65 Tn
CARGA ÚLTIMA	107.87 Tn

COLUMNA PERIMETRAL

Área tributaria de losa - Piso N° 01 *	=	57.58	m ²	11 (3)	=	7.58	m
Área tributaria de losa - Piso N° 02 *	=	57.58	m ²	12 (7)	=	7.80	m
Área tributaria de losa - Piso N° 08 *	=	57.58	m ²				

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	171.54		0.20	34.31
Taliquera Móvil	1	171.54		0.20	34.31
Losa Placa 1	1	57.58		0.48	27.45
Losa Placa 2	1	57.58		0.48	27.45
Losa Placa 8	1	57.58		0.48	27.45
Columna	8	0.18	8.50	2.80	22.40
CARGA MUERTA (Tn)					156.49

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	208.45 Tn
CARGA ÚLTIMA	306.67 Tn

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESQUINA	
f _c	= 0.28 kg/cm ²
ρ _s	= 7.6.85 %
λ	= 1.5
μ	= 0.2
Acad	= 1888.8 cm ²
b (X)	0.40
d (Y)	0.40

COLUMNA PERIMETRAL	
f _c	= 0.28 kg/cm ²
ρ _s	= 7.6.85 %
λ	= 1.25
μ	= 0.25
Acad	= 3888.8 cm ²
b (X)	0.40
d (Y)	0.40

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tipo 1	1	18.58	0.80	5.87
Sobrecarga Tipo 2	1	18.58	0.80	5.87
Sobrecarga Tipo 8	1	18.58	0.80	5.87
CARGA VIVA (Tn)				17.62

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tipo 1	1	57.58	0.80	17.55
Sobrecarga Tipo 2	1	57.58	0.80	17.55
Sobrecarga Tipo 8	1	57.58	0.80	17.55
CARGA VIVA (Tn)				52.65

7. MÓDULO H

-	Concreto Armado:	2420	kg/m ³
-	Acabado:	200	kg/m ²
-	Telajuería Móvil:	200	kg/m ²
-	S/C:	800	kg/m ²
-	M:	8.50	m

Espeor de Losa Postesada según ACI - 308

Longitud Libre Placa N° 01 +	5.85 m	+	b =	0.80 m	+	Losa Maciza	+	Espeor de Losa Maciza	=	0.30 m		
Longitud Libre Placa N° 02 +	5.85 m	+	b =	0.80 m	+	Losa Maciza	+	Espeor de Losa Maciza	=	0.30 m		
Longitud Libre Placa N° 08 +	5.85 m	+	b =	0.80 m	+	Losa Maciza	+	Espeor de Losa Maciza	=	0.30 m		
Longitud Libre Viga Principal	5.85 m	+	b =	0.55 m	At	*	2.60	b	*	0.15	+	0.25
Longitud Libre Viga Secundaria	4.80 m	+	b =	0.65 m	At	*	3.17	b	*	0.20	+	0.25

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	b	h
CENTRAL	1.1	0.8
PERIFÉRICA	1.25	0.25
ESQUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESQUINA

Área Tributaria de losa - Placa N° 05	*	8.26 m ²	11 (0)	*	8.17 m
Área Tributaria de losa - Placa N° 02	*	8.26 m ²	12 (7)	*	2.60 m
Área Tributaria de losa - Placa N° 08	*	8.26 m ²			

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNAS					
Acabado	1	18.76		0.20	3.75
Telajuería Móvil	1	18.76		0.20	3.75
Losa Placa 1	1	8.26		0.72	5.85
Losa Placa 2	1	8.26		0.72	5.85
Losa Placa 8	1	8.26		0.72	5.85
Columna	2	0.18	8.50	2.40	4.92
CARGA MUERTA (Tm)					31.76

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNAS				
Sobrecarga Tipo 1	1	8.26	0.80	2.68
Sobrecarga Tipo 2	1	8.26	0.80	2.68
Sobrecarga Tipo 8	1	8.26	0.80	2.68
CARGA VIVA (Tm)				7.04

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	39.22 Tm
CARGA ÚLTIMA	57.18 Tm

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESQUINA	
Fl	= 0.28 m ² /m ²
Pd	= 0.22 Tm
b	= 1.5 m
h	= 0.2 m
(Tm)	
0.20	11.80
0.15	0.90

8. MÓDULO I

-	Concreto Armado:	2420	kg/m ³
-	Acabado:	200	kg/m ²
-	Telajuería Móvil:	200	kg/m ²
-	S/C:	800	kg/m ²
-	M:	8.50	m

Espeor de Losa Postesada según ACI - 308

Longitud Libre Placa N° 01 +	10.00 m	+	b =	0.25 m	+	Losa Placa	+	Espeor de Losa Postesada	=	0.25 m
Longitud Libre Placa N° 02 +	10.00 m	+	b =	0.22 m	+	Losa Placa	+	Espeor de Losa Postesada	=	0.25 m
Longitud Libre de Viga Placa	12.85 m	+	b =	0.65 m	d	*	1.10	d	*	1.35

METRADO DE CARGAS Y PREDIMENSIONAMIENTO COLUMNAS

TIPO DE COLUMNA	b	h
CENTRAL	1.1	0.8
PERIFÉRICA	1.25	0.25
ESQUINA	1.5	0.2

COLUMNA ESQUINA I

Área Tributaria de losa - Placa N° 05	*	82.76 m ²	11 (0)	*	8.71 m
Área Tributaria de losa - Placa N° 02	*	82.76 m ²	12 (7)	*	11.45 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNAS					
Acabado	1	5.65.5.8		0.20	63.31
Telajuería Móvil	1	5.65.5.8		0.20	63.31
Losa Placa 1	1	82.76		0.80	66.27
Losa Placa 2	1	82.76		0.80	66.27
Columna	2	0.18	8.50	2.40	2.89
CARGA MUERTA (Tm)					188.25

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNAS				
Sobrecarga Tipo 1	1	82.76	0.80	28.88
Sobrecarga Tipo 2	1	82.76	0.80	28.88
CARGA VIVA (Tm)				57.76

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	217.81 Tm
CARGA ÚLTIMA	329.86 Tm

COLUMNA ESQUINA 2

Área tributaria de losa - Piso N° 01 * 84.21 m² 11 (X) * 5.80 m
 Área tributaria de losa - Piso N° 02 * 84.21 m² 12 (Y) * 6.45 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	68.42		0.20	13.68
Telajero Móvil	1	68.42		0.20	13.68
Losa Placa 1	1	84.21		0.80	20.54
Losa Placa 2	1	84.21		0.80	20.54
Columna	2	0.16	8.50	2.40	2.89
CARGA MUERTA (Tn)					71.31

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	81.63 Tn
CARGA ÚLTIMA	136.45 Tn

COLUMNA PERIMETRAL

Área tributaria de losa - Piso N° 01 * 60.71 m² 11 (X) * 5.80 m
 Área tributaria de losa - Piso N° 02 * 60.71 m² 12 (Y) * 11.45 m

METRADO DE CARGA MUERTA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Longitud	Peso	Peso Parcial
COLUMNA					
Acabado	1	121.42		0.20	24.28
Telajero Móvil	1	121.42		0.20	24.28
Losa Placa 1	1	60.71		0.80	36.43
Losa Placa 2	1	60.71		0.80	36.43
Columna	3	0.16	8.50	2.40	8.23
CARGA MUERTA (Tn)					125.45

CARGA POR SERVICIO Y CARGA ÚLTIMA PARA COLUMNA:

COLUMNA	
CARGA POR SERVICIO	167.88 Tn
CARGA ÚLTIMA	287.58 Tn

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNA:

COLUMNA ESQUINA 1	
F _o	= 0.28 m/m ²
PS	= 217.82 Tn
λ	= 1.5
μ	= 0.2
Acad	= 2887.2 cm ²
b (X)	0.35 (Y) 0.40

COLUMNA ESQUINA 2	
F _o	= 0.28 m/m ²
PS	= 81.63 Tn
λ	= 1.5
μ	= 0.2
Acad	= 2824.2 cm ²
b (X)	0.45 (Y) 0.50

COLUMNA PERIMETRAL	
F _o	= 0.28 m/m ²
PS	= 165.88 Tn
λ	= 1.25
μ	= 0.25
Acad	= 2883.7 cm ²
b (X)	0.40 (Y) 0.45

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tijera 1	1	84.21	0.80	10.26
Sobrecarga Tijera 2	1	84.21	0.80	10.26
CARGA VIVA (Tn)				20.52

METRADO DE CARGA VIVA PARA COLUMNA:

Descripción	Cantidad	Área	Peso	Peso Parcial
COLUMNA				
Sobrecarga Tijera 1	1	60.71	0.80	18.21
Sobrecarga Tijera 2	1	60.71	0.80	18.21
CARGA VIVA (Tn)				36.42

Anexo 15. Presupuesto general de Losas Postensadas

Presupuesto

Presupuesto	0202004	LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO		
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS		
Ciente		MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CUTERVO - CAJAMARCA	Costo al	02/06/2022
Lugar		CAJAMARCA - CUTERVO - CUTERVO		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	CONCRETO ARMADO				1,232,281.93
01.01	LOSA POSTENSADA - MÓDULO A				238,273.04
01.01.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	319.60	417.76	133,516.10
01.01.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	1,095.12	43.44	47,572.01
01.01.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	4,927.58	9.57	47,156.94
01.01.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.37	27,102.67	10,027.99
01.02	LOSA POSTENSADA - MÓDULO B				90,696.95
01.02.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	84.38	417.76	35,250.59
01.02.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	390.00	43.44	16,941.60
01.02.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	3,655.32	9.57	34,981.41
01.02.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.13	27,102.67	3,523.35
01.03	LOSA POSTENSADA - MÓDULO C				102,415.65
01.03.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	138.31	417.76	57,780.39
01.03.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	491.66	43.44	21,357.71
01.03.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	2,064.18	9.57	19,754.20
01.03.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.13	27,102.67	3,523.35
01.04	LOSA POSTENSADA - MÓDULO D				140,038.04
01.04.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	156.54	417.76	65,396.15
01.04.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	814.01	43.44	35,360.59
01.04.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	3,538.22	9.57	33,860.77
01.04.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.20	27,102.67	5,420.53
01.05	LOSA POSTENSADA - MÓDULO E				86,309.46
01.05.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	121.35	417.76	50,695.18
01.05.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	429.94	43.44	18,676.59
01.05.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	1,543.31	9.57	14,769.48
01.05.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.08	27,102.67	2,168.21
01.06	LOSA POSTENSADA - MÓDULO F				225,447.22
01.06.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	318.98	417.76	133,257.08
01.06.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	1,057.01	43.44	45,916.51
01.06.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	4,212.23	9.57	40,311.04
01.06.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.22	27,102.67	5,962.59
01.07	LOSA POSTENSADA - MÓDULO G				156,891.75
01.07.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	205.38	417.76	85,799.55
01.07.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	849.79	43.44	36,914.88
01.07.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	3,061.53	9.57	29,298.84
01.07.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.18	27,102.67	4,878.48
01.08	LOSA POSTENSADA - MÓDULO I				145,406.12
01.08.01	CONCRETO SIMPLE Fc 280KG/CM2	m3	191.30	417.76	79,917.49
01.08.02	ENCOFRADO DE LOSA	m2	748.22	43.44	32,502.68
01.08.03	ACERO DE REFUERZO - 420 Mpe	kg	2,993.68	9.57	28,649.52
01.08.04	CABLE DE PRESFUERZO NO ADHERIDO	ton	0.16	27,102.67	4,336.43
01.09	LOSA MACIZA - MÓDULO H				46,803.70
01.09.01	CONCRETO LOSAS fc= 210 kg/cm2	m3	66.14	166.46	11,009.66
01.09.02	ENCOFRADO LOSA MACIZA CON PANELES DE MADERA	m2	215.12	26.19	5,633.99
01.09.03	ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	592.07	50.94	30,160.05
	Costo Directo				1,232,281.93

SON : UN MILLON DOSCIENTOS TRENTIDOS MIL DOSCIENTOS OCHENTIUNO Y 93100 NUEVOS SOLES

Anexo 16. Análisis de Precios Unitarios de las Losas Postensadas

Análisis de precios unitarios

Presupuesto		0202004 LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO					
Subpresupuesto		001 ESTRUCTURAS					
Partida	01.01.01	(010106010402-0202004-02)	CONCRETO COLUMNAS Fc=210 kg/cm ²	Costo unitario directo por:		m ³	417.76
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.6400	23.94	15.32	
0101010004	OFICIAL		hh	0.3200	18.89	6.04	
0101010005	FEON		hh	1.2800	17.08	21.86	
01010100060002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	0.6400	23.94	15.32	
68.54							
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m ³	0.9000	55.09	49.58	
02070200010002	ARENA GRUESA		m ³	0.4000	38.14	15.26	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m ³	0.1800	6.78	1.22	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	9.0000	29.66	266.94	
388.00							
Equipos							
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	0.3200	17.20	5.50	
03012900010003	VIBRADOR A GASOLINA		hm	0.3200	44.80	14.34	
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 P3 (23 HP)		hm	0.3200	18.45	5.90	
0301340001	ANDAMIO METALICO		dia	0.0400	12.00	0.48	
28.22							
Partida	01.01.02	(010106020101-0202004-01)	ENCOFRADO LOSA MACIZA CON PANELES DE MADERA	Costo unitario directo por:		m ²	43.44
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.6400	23.94	15.32	
0101010004	OFICIAL		hh	1.2800	18.89	24.18	
39.50							
Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg	0.1083	5.93	0.64	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg	0.2000	5.93	1.19	
0231010001	MADERA TORNILLO		p2	0.0417	3.00	0.13	
1.98							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		1.98	1.98	
1.98							
Partida	01.01.08	(010714000008-0202004-01)	ACERO DE REFUERZO fy=4200 kg/cm ²	Costo unitario directo por:		kg	9.57
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.1333	23.94	3.19	
0101010004	OFICIAL		hh	0.1333	18.89	2.52	
5.71							
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg	0.0300	5.93	0.18	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60		kg	1.0000	3.39	3.39	
3.57							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.29	0.29	
0.29							
Partida	01.01.04	(010107080101-0202004-01)	TENDONES NO ADHERIDOS	Costo unitario directo por:		glo	27,102.67
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Subcontratos							
0408030001	SC SUMINISTRO Y COLOCACION DE UNIDADES POSTENSADAS		tm	1.0000	27,102.67	27,102.67	
27,102.67							

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0202004** LOSAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO
 Subpresupuesto **001** ESTRUCTURAS

Partida	01.02.01	(010106010402-0202004-02)	CONCRETO COLUMNAS Fc=210 kg/cm ²	Costo unitario directo por:		m ³	417.76
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.6400	23.94		15.32
0101010004	OFICIAL		hh	0.3200	18.89		6.04
0101010005	PEON		hh	1.2800	17.08		21.86
010101000002	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	0.6400	23.94		15.32
68.54							
Materiales							
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m ³	0.9000	55.00		49.50
02070200010002	ARENA GRUESA		m ³	0.4000	38.14		15.26
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m ³	0.1800	6.78		1.22
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	9.0000	29.66		266.94
333.00							
Equipos							
03012100030001	WINCHE ELECTRICO 3.6 HP DE DOS BALDES		hm	0.3200	17.20		5.50
03012900010003	VIBRADOR A GASOLINA		hm	0.3200	44.80		14.34
03012900030001	MEZCLADORA DE CONCRETO 11 F3 (23 HP)		hm	0.3200	18.45		5.90
0301340001	ANDAMIO METALICO		dia	0.0400	12.00		0.48
28.22							
Partida	01.02.02	(010106020101-0202004-01)	ENCOFRADO LOSA MACIZA CON PANELES DE MADERA	Costo unitario directo por:		m ²	43.44
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.6400	23.94		15.32
0101010004	OFICIAL		hh	1.2800	18.89		24.18
39.50							
Materiales							
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg	0.1083	5.93		0.64
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg	0.2000	5.93		1.19
0231010001	MADERA TORNILLO		pz	0.0417	3.00		0.13
1.96							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		1.98		1.98
1.98							
Partida	01.02.08	(010714000001-0202004-01)	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm ²	Costo unitario directo por:		kg	9.57
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	0.1333	23.94		3.19
0101010004	OFICIAL		hh	0.1333	18.89		2.52
6.71							
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg	0.0300	5.93		0.18
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm ² GRADO 60		kg	1.0000	3.39		3.39
3.57							
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.29		0.29
0.29							
Partida	01.02.04	(010107080101-0202004-01)	TENDONES NO ADHERIDOS	Costo unitario directo por:		glb	27,102.67
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
Subcontratos							
0406030001	SC SUMINISTRO Y COLOCACION DE UNIDADES POSTENSADAS		vm	1.0000	27,102.67		27,102.67
27,102.67							

Anexo 17. Cotización Santa Rosa Import SAC

COTIZACION N° 0090 - 2022



**JR. SANTA ROSA N° 1061-
 CUTERVO -CAJAMARCA
 20495636128**

CLIENTE:	JUAN WHITMAN OBLITAS TERRONES	FECHA:	16/05/2022
DIRECCION:	JR. RAMON CASTILLA N°926	RUC	10722182303

ITEM	DESCRIPCION DEL PRODUCTO O SERVICIO	UND. MEC	CANT	MARCA	P.U	IMPORTE
1	PIEDRA CHANCADA 1/2"	M3	1,341.22	CANERA	S/ 65.00	S/ 87,179.30
2	ARENA GRUESA	M3	600.60	CANERA	S/ 45.00	S/ 27,027.00
3	CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS	13,497.54	PACASMAYO	S/ 35.00	S/ 472,413.90
4	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	KG	658.12	PRODAC	S/ 7.00	S/ 4,606.84
5	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	KG	927.90	PRODAC	S/ 7.00	S/ 6,495.30
6	CLAVOS PARA MADERA 3"	KG	1,137.24	PRODAC	S/ 7.00	S/ 7,960.68
7	ACERO CORRUGADO FY = 4200 KG/CM2 GRADO 60	KG	34,159.04	SIDER	S/ 4.00	S/ 68,318.08
8						
9						
TOTAL						S/. 674,001.10

* PRECIO INCLUYE IGV

CUENTA CORRIENTE CAJA PIURA: 110-01-2619476

LUGAR DE ENTREGA	MATERIAL PUESTO EN NUESTROS ALMACENES
PLAZO DE ENTREGA	INMEDIATO

STA. ROSA IMPORT SAC

 Mg. Marley Roxana Altamirano Chávez
 GERENTE GENERAL

Anexo 18. Cotización Constructora & Consultora Hatarichiy SAC



CONSTRUCTORA & CONSULTORA HATARICHY S.A.C.

Contáctanos: 937773754-970002873
 Correo: edanalta14@gmail.com
 Psje. El Bosque N° 122

RUC: 20606543094
COTIZACIÓN
 C007-01

CLIENTE:	JUAN WHITMAN OBLITAS TERRONES	FECHA:	10/06/2022
DIRECCION:	JR. RAMON CASTILLA N° 926	RUC:	10722182303

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
01	MANO DE OBRA				
01.01	OPERARIO	hh	56.00	S/ 23.94	S/ 1,340.64
01.02	OFICIAL	hh	112.00	S/ 18.89	S/ 2,115.68
02	MATERIALES				
02.01	CABLE DE PRESFUERZO 0.5"	kg	1,000.00	S/ 7.17	S/ 7,170.00
02.02	ANCLAJES	und	45.00	S/ 8.94	S/ 402.32
02.03	CUÑAS	und	45.00	S/ 7.21	S/ 324.45
02.04	SILLAS DE SOPORTE	und	500.00	S/ 0.67	S/ 335.00
03	EQUIPOS				
03.01	BOMBA DE INYECCIÓN	hm	56.00	S/ 87.54	S/ 4,902.24
03.02	GATO HIDRÁULICO	hm	56.00	S/ 145.90	S/ 8,170.40
03.03	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	0.07	S/ 3,456.32	S/ 241.94
04	SUBCONTRATOS				
04.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	S/ 2,100.00	S/ 2,100.00
COSTO DIRECTO					S/ 27,102.67
IGV (18.00%)					S/ 4,878.48
UTILIDAD (15.00%)					S/ 4,065.40
GASTOS GENERALES (10.00%)					S/ 2,710.27
PRESUPUESTO TOTAL					S/ 38,756.82

SON TREINTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y UNO CON 37/100 SOLES

OBSERVACIONES:

CONSTRUCTORA & CONSULTORA HATARICHY S.A.C.
 RUC: 20606543094

Egin Ander Altamirano Tapia
 GERENTE GENERAL
 DNI N° 71458524

FUENTES DE INFORMACIÓN

Aalami, B. O., Bommer, A., & Post-Tensioning Institute. (1999). Design fundamentals of post-tensioned concrete floors. Phoenix, AZ: Post-Tensioning Institute.

ADAPT-Builder (2017). Structural Concrete Software, Integrated Reinforced and Post-Tensioned Concrete Slab Design Software. ADAPT-Floor Pro.

American Concrete Institute. (2019) Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318–19).

Agreda, L. & Guevara, R. (2019). Propuesta de una metodología constructiva de losas postensadas con adherencia en edificaciones, departamento de San Martín, 2019. [Tesis de pregrado]. Universidad Científica del Perú. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/899>

Brito, R. (2018). 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. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/11999>

Flores, M. & Paati, D. (2019). Análisis comparativo de las respuestas estructurales entre sistemas apertados de hormigón armado, con losas postensadas y no postensadas. [Tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19880>

González, A. & Herbozo, L. (2019). Propuesta de Peralte de Losas Postensadas como parte del sistema lateral para Edificios Altos con Núcleo. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/648672>

González, H. (2018). Diseño y análisis de losas postensadas empleando programas de cálculo. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/388461061/Diseno-y-Analisis-de-Losas-Postensadas-Employando-Programas-de-CalculoV4>

Gupta, P. (Ed.). (2006). Post-Tensioning Manual. Phoenix AZ: PTI Post-Tensioning Institute.

Manturano, V. (2017). Uso de la losa postensada y su comportamiento estructural en el sótano del hotel la paz, Miraflores, Lima – Perú – 2017. [Tesis de pregrado]. Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/21757>

Martcorena, E. (2021). Análisis de Concreto Postensado en el Diseño de una Estructura Aporticada con una luz de 12 metros, Huancayo. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana los Andes. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2640>

McCormac, J. y Brown, R. (2017). Diseño de Concreto Reforzado, Alfaomega Grupo Editor.

Meza, L. (2017). Aspectos fundamentales del concreto presforzado. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. <https://1library.co/document/qokx6pmy-aspectos-fundamentales-del-concreto-presforzado.html>

Montes, E. & Yalli, J. (2021). Diseño Estructural de una Edificación de Concreto Armado utilizando Losas Postensadas con Tendones No Adheridos. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3839>

Rojas, W. (2017). Estructuras Presforzadas. Presentado en Lima – Perú

Szydlowski, R. & Labuzek, B. (2017). Post-Tensioned Concrete Long-Span Slabs in Projects of Modern Building Construction. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 245(2), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/2/022065>

Tipacti, J. (2018). Procedimiento Constructivo de Losas Postensadas con rampa en Sótanos, Sistema Adherido Caso: Edificio de Oficinas Caminos del Inca 390. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14437>

Török, I., Puskás, A. & Virág, J. (2019) Post-tensioned Flat Slabs with Unbonded Tendons for Public Buildings, Procedia Manufacturing, Vol 32, 102-109, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.189>.

Velásquez, S. (2019). Análisis comparativo entre el diseño de losa tradicional de hormigón armado y losa postensada con adherencia. *Revista Ingeniería*, 3(5), 50–58. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v3i5.32>