



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE MEJORA EN LOS REGISTROS DE CALIDAD
PARA EL CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO CON
LOSAS POSTENSADAS ADHERIDAS EN EDIFICACIONES**

PRESENTADA POR

**DEISI ESTEFANI GONZÁLES CORONEL
FIORELLA MATOS ARANA**

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

LIMA – PERÚ

2015



**Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada
CC BY-NC-ND**

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

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



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE MEJORA EN LOS REGISTROS DE CALIDAD
PARA EL CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO CON
LOSAS POSTENSADAS ADHERIDAS EN EDIFICACIONES**

TESIS

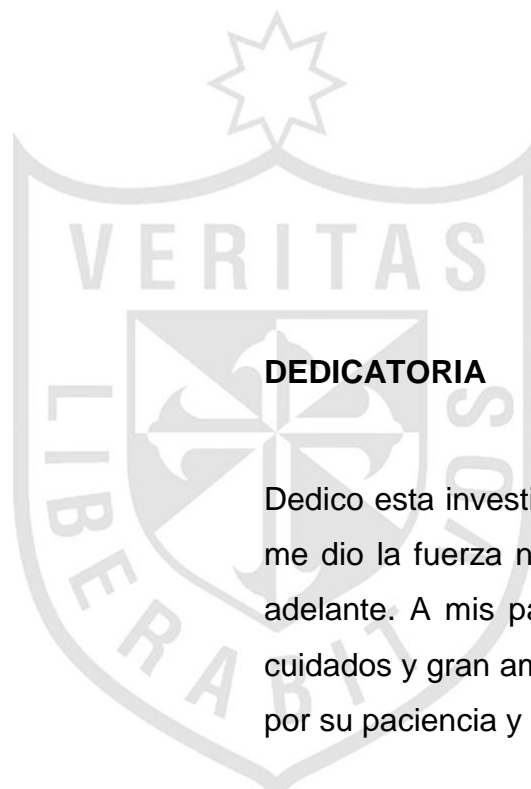
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

PRESENTADO POR

**GONZÁLES CORONEL, DEISI ESTEFANI
MATOS ARANA, FIORELLA**

LIMA – PERÚ

2015

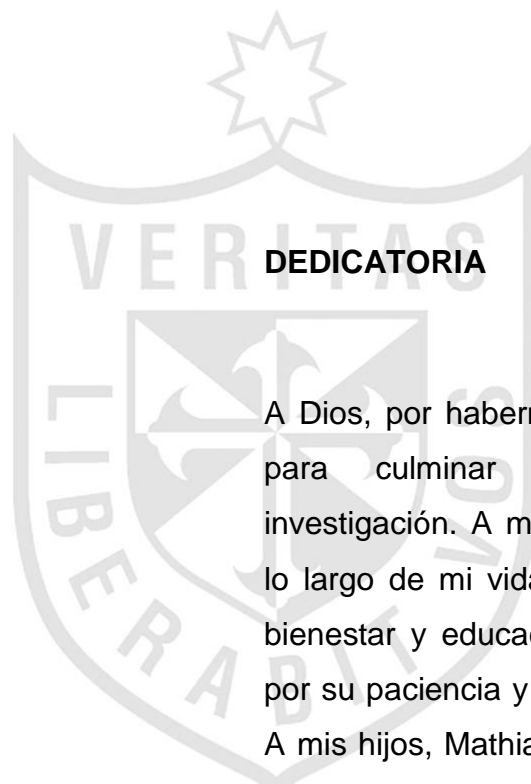


DEDICATORIA

Dedico esta investigación a Dios, quien me dio la fuerza necesaria para seguir adelante. A mis padres, por todos sus cuidados y gran amor. A mis hermanos, por su paciencia y apoyo.

A todos ellos les doy las gracias por creer en mí.

Fiorella Matos Arana



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la fortaleza para culminar este trabajo de investigación. A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. A mi hermana, por su paciencia y apoyo incondicional. A mis hijos, Mathias y Joaquín, por ser mis principales motivos para seguir adelante.

Deisi Estefani Gonzáles Coronel



AGRADECIMIENTO

A mis asesores, Ing. Wilmer Rojas, Ing. Alexis Samohod Romero e Ing. Carlos Magno Chavarry Vallejos, quienes fueron nuestros guías en la realización de este proyecto.

A Miguel Ayarza C., por todo el apoyo brindado.

A todos ellos, muchas gracias y que Dios los bendiga.



ÍNDICE

	Página
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Objetivos	5
1.4 Justificación	6
1.5 Limitación del estudio	7
1.6 Viabilidad	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Antecedentes de investigación	8
2.2 Bases teóricas	11
2.3 Mapa conceptual	61
2.4 Formulación de hipótesis	65
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	67
3.1 Tipo de la investigación	67

3.2	Nivel de la investigación	67
3.3	Diseño de investigación	68
3.4	Variables	68
3.5	Caso de investigación	72
3.6	Técnicas de Investigación	73
3.7	Instrumentos de recolección de datos	74
	CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	75
4.1	Contrastación de hipótesis	75
4.2	Análisis e interpretación de la investigación	83
4.3	Descripción del caso	878
4.4	Aplicación del caso	104
	CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	121
5.1	Discusión	121
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	125
	FUENTES DE INFORMACIÓN	127
	ANEXOS	130

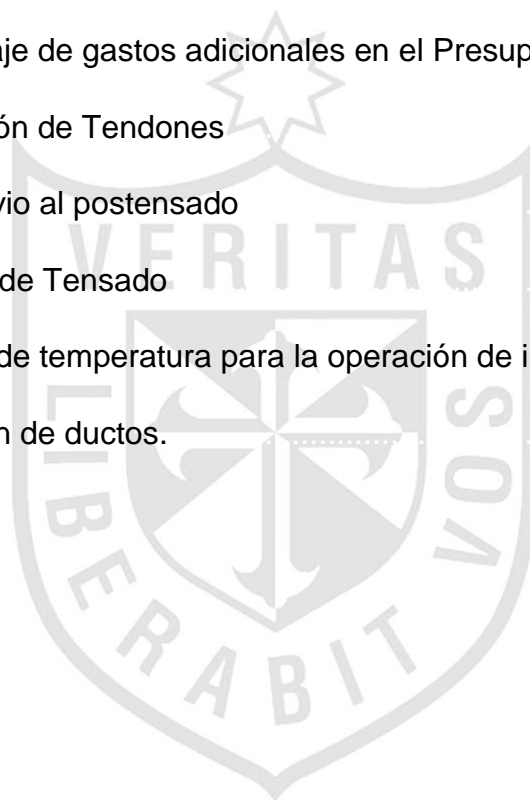




ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetros Nominales de alambres redondos	14
Tabla 2. Propiedades del cable de 7 alambres de grados 270 y 250	15
Tabla 3. Propiedades de varillas de aleación grados 145	15
Tabla 4. Propiedades de varillas de aleación grados 160	16
Tabla 5. Datos técnicos del acero pretensado	33
Tabla 6. Dosificación a/c 0.35	46
Tabla 7. Tiempo para mantener la presión de lechada	49
Tabla 8. Tabla de ensayos para la inyección de lechada	54
Tabla 9. Operacionalización de la variable independiente	70
Tabla 10. Operacionalización de la variable dependiente	71
Tabla 11. Área de losas postensadas en cada nivel	80
Tabla 12. Costo unitario y presupuesto total del sistema postensado	81
Tabla 13. Área de losas postensadas y costos por niveles	81
Tabla 14. Porcentaje del presupuesto total del sistema postensado	81
Tabla 15. Cuadro de Variables independientes	83
Tabla 16. Cuadro de Variables dependientes	85

Tabla 17. Cuadro de Variables dependientes	86
Tabla 18. Cuadro de Datos Generales del Proyecto	89
Tabla 19. Cronograma de trabajos por reparación de losa	96
Tabla 20. Cronogramas proyectados por reparación de losa	98
Tabla 21. Presupuesto de Gastos adicionales por reparación de losa	99
Tabla 22. Presupuesto Modificado por costo adicional de reparación	100
Tabla 23. Porcentaje de gastos adicional en el Presupuesto específico y general	100
Tabla 24. Porcentaje de gastos adicionales en el Presupuesto Final	100
Tabla 25. Instalación de Tendones	109
Tabla 26. LPT previo al postensado	113
Tabla 27. Reporte de Tensado	117
Tabla 28. Rangos de temperatura para la operación de inyección.	118
Tabla 29. Inyección de ductos.	120





ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sistema Pre tensado	18
Gráfico 2. Partes del sistema Pre tensado	19
Gráfico 3. Cables postensado para losas sin adherencia	21
Gráfico 4. Componentes de cables para losas postensadas adheridas	22
Gráfico 5. Cable mono torón para losa postensada con adherencia	24
Gráfico 6. Cuñas para anclajes en cables postensadas	25
Gráfico 7. Anclajes donde se transmiten las fuerzas de tensión	26
Gráfico 8. Losa Plana	30
Gráfico 9. Losa con capiteles	31
Gráfico 10. Losa unidireccional	31
Gráfico 11. Vigas postensadas y losa unidireccional	32
Gráfico 12. Anclaje y cono perpendicularmente al encofrado de friso	36
Gráfico 13. Recorte de funda de cable de 3 cm de la cara del anclaje	37
Gráfico 14. Posicionamiento de Horquillas ϕ 8mm	38
Gráfico 15. Detalle típico de copla	56
Gráfico 16. Vista 3D, Edificio para Oficinas JP	73

Gráfico 17. Ubicación del Edificio para Oficinas JP	77
Gráfico 18. Grafico estadístico de problemas de fisura y deflexión	85
Gráfico 19. Grafico estadístico de retraso por reparación	86
Gráfico 20. Grafico estadístico de gastos adicionales por reparación	87
Gráfico 21. Imagen en 3D del edificio para Oficinas JP	88
Gráfico 22. Imagen en ETABS del edificio para Oficinas JP	90
Gráfico 23. Zona afectada por deflexiones excesivas	91
Gráfico 24. Solución inicial propuesta	92
Gráfico 25. Trazado real en obra del cable en el voladizo	94
Gráfico 26. Correcto trazado del cable en el voladizo	95
Gráfico 27. Diagrama de Gantt de la reparación de losas	97
Gráfico 28. Diagrama de Gantt general incluido la reparación	98
Gráfico 29. Zona de cable bajo C.G. a ser eliminado	101
Gráfico 30. Medidas de capiteles nuevos a inyectar	102
Gráfico 31. Ubicación de cargas que ejecutarán las gatas en la losa	103



RESUMEN

La presente investigación denominada Propuesta de mejora en los registros de calidad para el control del proceso constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones (Caso: Edificio para Oficina JP), tiene como objetivo general optimizar los registros de calidad para evitar los problemas de deflexiones y fisuras, atrasos por reparaciones y gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

Se desarrolla a base de un proyecto que consta de un total de 37 niveles en donde se implementó el sistema postensado en todas las losas de la edificación. Durante la ejecución de la edificación existieron ciertos problemas de deflexión y fisuras, específicamente en los volados de las losas postensadas del piso 20 al 27. Ello produjo problemas secuenciales que afectaron directamente los gastos y tiempos proyectados, generando costos adicionales y atrasos por su reparación, que podrían evitarse con un correcto seguimiento de los registros de calidad. Se califica como una investigación de metodología cualitativa – cuantitativa de tipo descriptiva con diseño no experimental.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se confirma que la propuesta de mejora en los registros de calidad tiene resultados positivos puesto que

existe un mayor control en el desarrollo de los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones.

Palabras claves: Registros de calidad, losas postensadas, fisuras y deflexiones.





ABSTRACT

This research called Proposal for improvement in quality records for the control of the construction process in post-tensioned slabs attached buildings (Case Study: Building Office JP), has the overall aim to optimize the quality records to avoid the problems of deflections and cracks, delays for repairs and additional costs for repairs in the building with post-tensioned slabs attached buildings.

This thesis is developed based on a project consisting of a total of 37 levels where was implemented the post-tensioned system in all slabs in the building. During the execution of the building there were certain problems about crack end deflection, specifically in the flown of post-tensioned slabs from floor 20 to 27. That produced sequential problems that directly affect costs and times projected, generating additional costs and delays for its repair, which could be avoided with proper monitoring of the quality records. It qualifies as a qualitative research methodology - quantitative descriptive non experimental design.

According to the results obtained at the end of this study, it is confirmed that the proposal to improve the quality records have positive results because

there is more control over the development of the construction processes in the post-tensioned slabs attached to buildings.

Keywords: Quality records, post-tensioned slabs, cracks and deflections.





INTRODUCCIÓN

Actualmente, la construcción ha ido evolucionando en los métodos tradicionales que eran usados para edificaciones, centros comerciales y demás obras civiles. Indudablemente con el tiempo se han implementado nuevos sistemas que cumplen las necesidades estructurales que se requieren para toda obra civil segura, eficiente y económica a largo plazo. Una parte fundamental en la estructura de toda obra, por tener una gran resistencia a las cargas verticales, es la construcción de entrepisos. El propósito de esta investigación de tesis es optimizar los registros de calidad para el control en los procesos constructivos con losas postensadas para evitar diversos problemas que se vienen presentando en algunas edificaciones construidas en nuestro país, como es el caso de las losas postensadas del edificio para oficinas JP.

Desde hace algún tiempo se ha optado por otros métodos constructivos que cumplan o mejoren las funciones que poseen y, a la vez, sean más efectivas y rápidas al momento de ejecutarlas. Desde hace algunos años se está construyendo, edificios para oficinas y centros comerciales utilizando el sistema de losas post-tensadas; dicho sistema innovador brinda principalmente ventajas constructivas (ahorro de tiempo en su proceso

constructivo), estéticas (esbeltas estructuras que permiten reducir la altura de entrepiso y aumentar las luces) y más económicas.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad definir los lineamientos de los beneficios que dan como resultado la optimización en los registros de calidad para el correcto control en el proceso constructivo con losas post-tensadas adheridas en edificaciones.

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, se describen los antecedentes, problemática, justificación, limitación y viabilidad de la tesis y se plantean los objetivos de estudio. En el segundo, se desarrolló el marco teórico en el que se describen los antecedentes de la investigación y las bases teóricas para un mayor conocimiento de los procedimientos, normas de calidad y términos técnicos de este sistema.

En el tercero, se explica la metodología, se menciona el tipo, nivel y diseño de investigación, también se precisan las variables independientes y dependientes. En el cuarto, se presentan los resultados de la investigación, el contraste de las hipótesis planteadas y el análisis e interpretación de la investigación. En el último capítulo, se plantean las discusiones a partir de los resultados de la investigación en estudio.



CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El hombre primitivo utilizó materiales que transformó en estructuras; es decir, un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada y con ello dar solución a problemas y necesidades, como resguardarse de las inclemencias meteorológicas. Y así el desarrollo de las estructuras avanzó en todos los ámbitos. Uno de los sistemas estructurales son las losas. Las losas se definen como elementos horizontales de soporte, capaces de soportar a las cargas vivas y muertas de la construcción. Se emplean para entrepiso y cubierta. Estas pueden ser coladas en sitio o prefabricadas. A través de los años el uso de las losas ha ido evolucionando según las necesidades que se han ido presentando en la implementación de las obras.

En 1920, se empezó la construcción con losas aligeradas al implementar el acero en la estructura puesto que evita la falla a las cargas verticales y ofrece grandes ventajas para la unión de elementos verticales y horizontales. Estas losas son una de las más tradicionales y usada en nuestro país, su principal componente es el ladrillo que fue uno de los materiales de construcción artificial más antiguos, fue inventado hace casi diez mil años en

las poblaciones de Mesopotamia y Palestina. Eran hechos a mano y secados al sol, reforzados con diferentes materiales como paja y estiércol. Los ladrillos hechos en horno aparecieron en el tercer milenio A.C.

Actualmente, las losas aligeradas se están dejando de lado por las pocas ventajas técnicas que poseen y se están implementando nuevos sistemas constructivos que ofrecen más beneficios. Uno de esos sistemas constructivos han sido las losas macizas. Las losas macizas se caracterizan por ser elementos de concreto reforzado y de peralte medio (ocho a doce centímetros), estas losas se encuentran en una o dos direcciones, lo que depende de su forma de trabajo. A pesar de que son más fáciles de construir; basta fabricar un encofrado de madera, de superficie plana, distribuir el acero de refuerzo uniformemente en todo el ancho de la losa y vaciar el concreto; tienen la desventaja de ser pesadas y transmitir fácilmente las vibraciones, el ruido y el calor. Es por ello que este tipo de losas también están siendo reemplazadas por las losas postensadas.

Hoy en día el uso de las losas postensadas es muy popular debido a las características estructurales y económicas que poseen.

El alemán E. Hoyer fue el primero que puso en práctica la aplicación del sistema postensado mediante la estiración de alambres entre dos pilares situados a varios metros.

El Ingeniero Francés Eugéne Freyssinet fue el primero en exponer la metodología para la valoración de las pérdidas dentro del cálculo estructural. Más tarde en 1940 introdujo el primer sistema de pre esfuerzo con anclajes y cuñas cónicas para los anclajes en los extremos y diseño gatos hidráulicos de doble acción. (1928)

El postensado es un método de pre esfuerzo en el cual los cables de acero (armaduras activas) montadas dentro de vainas son tensados después de que el concreto se haya vertido y fraguado.

En el postensado las armaduras se tensan una vez que el concreto ha adquirido su resistencia. La principal ventaja del postensado consiste en comprimir el concreto antes de su puesta en servicio. Además, permite al

proyectista una gran versatilidad en el diseño ya que se pueden alcanzar amplias luces que facilitan la subdivisión a posteriori para áreas comerciales o administrativas, así como amplios volúmenes para espacios públicos, salas de exposiciones, etc.

En 1944 en Estados Unidos se desarrollaron los entrepisos a base de losas postensadas no adheridas gracias a las ventajas de velocidad y simplicidad de ejecución. Años más tarde, a fines de 1978, más de 10 millones de m² de losas postensadas habían sido construidas en ese país.

1.2 Planteamiento del problema

La construcción de losas postensadas ya ha sido usado con anterioridad en nuestro país desde hace varios años. Este sistema es muy recomendado en países como Chile, Estados Unidos, Colombia, Brasil y otros países en desarrollo puesto que la mayoría de sus edificaciones lo han implementado, brindándoles muchos beneficios, pero tienen ciertas desventajas post vaciado, que podrían ser evitadas si se siguiera un control en su ejecución constructiva ahorrando gastos adicionales innecesarios que se invertirían para su reparación.

La edificación en estudio, “Edificio para Oficinas JP”, está ubicada en el distrito de San Isidro a lo largo de la Av. Javier Prado. Tiene un alcance de 10 sótanos de estacionamientos y 27 pisos para el uso de oficinas y/o uso comercial.

En este proyecto, se implementó el sistema postensado con adherencia en las losas de los 37 niveles teniendo una superficie total de 50,912.30 m² en todo el proyecto que hacen de esta edificación única y real.

Durante la ejecución de la edificación en estudio se presentaron ciertos problemas de deflexión y fisuras, esto se debió a la falta de control y revisión en el proceso constructivo. La mala colocación de los cables, personal no calificado y los pocos controles de calidad, por conocimiento de este sistema fueron los factores principales que estos sucesos acontecieran. Ello produjo

atrasos significativos en el proyecto; debido a que las losas representan la parte más importante de la ruta crítica y como consecuencia generaron gastos adicionales para su reparación que podrían ser evitadas si se siguiera un control en su ejecución constructiva.

Un factor que influyó mucho en estos problemas fue el poco seguimiento a la empresa sub-contratista en la entrega y llenado IN SITU de los registros de calidad en las liberaciones, puesto que ellos eran responsables directos en colocar los datos correspondientes en los protocolos de tensado e inyección del concreto líquido y así supervisar los antecedentes de tensado y de las deflexiones permitidas en las losas. Estos protocolos fueron entregados después de meses de su ejecución.

También intervinieron diversos inconvenientes en los trabajos realizados en obra debido a eventos imprevistos que aplazaban las labores programadas de la semana. Esto motivó que, ocasionalmente, durante la ejecución de los trabajos en las losas no se realizara correctamente el levantamiento de observaciones de los elementos del sistema postensado debido al poco tiempo que había para liberarlas.

Las observaciones más comunes que se pedían levantar antes del vaciado fue el amarre de los cables postensados con la malla de acero de la losa o los refuerzos de los capiteles, limpieza de la losa antes del vaciado, medición de las alturas en los cables hasta el fondo de losa según plano, verificación del estado de las vainas que recubren los cables, apuntalamiento adecuado por m² del encofrado, etc.

1.2.1 Formulación del problema general

¿Cómo optimizar los registros de calidad para el control de los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones; Caso: Edificio para Oficinas JP?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo optimizar los registros de calidad para evitar los problemas de deflexiones y fisuras en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones?
- ¿Cómo optimizar los registros de calidad para evitar atrasos por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones?
- ¿Cómo optimizar los registros de calidad para evitar gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Optimizar los registros de calidad para el **control de los procesos constructivos** con losas postensadas adheridas en edificaciones; Caso: Edificio para Oficinas JP.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Optimizar los registros de calidad para evitar los problemas de deflexiones y fisuras en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones
- Optimizar los registros de calidad para evitar atrasos por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

- Optimizar los registros de calidad para evitar gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

1.4 Justificación

La importancia de la optimización de los registros de calidad para el control en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones nos permitirá garantizar la correcta ejecución de esta estructura, con lo cual evitamos incurrir en sobre costo, utilización innecesaria de recursos no planificados y atrasos significativos en el proyecto; debido a que las losas representan la parte más importante de la ruta crítica de los proyectos de edificaciones, así como también la importancia de contar con procedimientos, según origen del problema, de reparaciones ante fisuras y deflexiones fuera de los parámetros de diseño para garantizar la calidad y plazo del proyecto establecidos con el cliente.

La optimización de los registros de calidad de las losas postensadas se sintetiza en el cumplimiento de ciertos requisitos, mediante un conjunto de técnicas y actividades de acción operativa, desde el control de los materiales para su construcción, su proceso de producción y evaluación de su adecuado funcionamiento.

Contar con este control nos ayuda a realizar y verificar un adecuado procedimiento de construcción, el cual nos permitirá la implementación de acciones correctivas, logrando obtener un producto conforme, lo cual se verá reflejado en el mejoramiento de recurso, por consiguiente menores costos, menores tiempo de ejecución y sobre todo la mejor satisfacción del cliente.

El proyecto en estudio es ideal para realizar una mejora en los registros de calidad para el control del proceso constructivo, debido a los dificultades que presento en su ejecución y por ser uno de los edificios más emblemáticos de lima por su infraestructura y modernidad donde sus 37 niveles construidos con losas postensadas adheridas.

1.5 Limitación del estudio:

El presente trabajo se centra, específicamente, en las dificultades por falta de optimización en los registros de calidad para el control en la construcción en las losas postensadas en el edificio JP, cuáles fueron los motivos de que no se procediera correctamente en la ejecución y los factores que influyeron para que esto sucediera.

Se explican las definiciones y características de este sistema, también se mencionan las herramientas de control de proyectos y se trabajó con información extraída de campo y oficina técnica aprobada por los ingenieros responsables de cada área (Jefe de Producción, Jefe de O.T, Jefe de Calidad, etc.)

- Área geográfica : Departamento de Lima Distrito de San Isidro
- Época o Periodo : Junio 2013 – Octubre 2015
- Financiamiento : Recursos personales
- Recursos utilizados : Recursos humanos y cursos particulares.

1.6 Viabilidad

La presente tesis es viable debido a que se cuenta con información de fuentes necesarias para poder desarrollar los objetivos planteados a través de fuentes de información físicas, digitales (libros, tesis e información relacionada con el tema de investigación), datos recopilados en el campo, facilidad de acceso al expediente técnico para la elaboración y culminación de nuestra investigación.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Los siguientes trabajos de investigación se toman como antecedentes por el gran aporte que poseen para brindar información en el desarrollo del proyecto.

Gatica presenta un “Estudio comparativo entre losas tradicionales de hormigón armado y losas postensadas con adherencia”. Este trabajo consiste en demostrar las ventajas del sistema constructivo de losas postensadas, que se explican luego:

- Acortamiento significativo de plazos de ejecución de la obra gruesa gracias a la utilización de hormigón con resistencias altas a temprana edad, lo que permite descimbrados mucho más prematuros.

- Reducción de espesores, cantidad de armadura pasiva y, en general, de peso propio respecto del hormigón armado, lo cual permite el aumento de luces a cubrir.
- Integridad estructural superior proporcionada por la continuidad de la losa y cables, con un buen desempeño sísmico.
- Esbeltas estructuras que permiten disminuir la altura del edificio, reducir las cargas de fundación y aumentar las luces.
- Uniones sencillas y eficientes entre losas, vigas, muros y columnas, que eliminan problemas de juntas entre dichos elementos.
- Soluciones estructurales con bajos requerimientos de mantención. Además, ver el funcionamiento del sistema constructivo de Losas Postensadas con Adherencia involucrando el montaje de esta y demostrar el aumento de velocidad en ejecución de esta. Por lo tanto, se concluye mediante el estudio de un análisis de costos que el método constructivo de losa postensada con adherencia resulta más económico que el sistema tradicional de losa de hormigón armado y además la ventaja más importante en estos resultados es la optimización de tiempo en ejecución del sistema de postensado. Se realizará un análisis utilizando como variables comparativas el hormigón, armadura, moldaje, alzaprimado, mano de obra y tiempo, ya que estas van a afectar directamente el costo de la actividad a ejecutar. Con estas variables se realizará el estudio comparativo tanto para losas de hormigón armado tradicional con envigado de piso como para losas postensadas con adherencia. (Gatica M., 2009).

El objetivo principal de esta tesis fue analizar las ventajas y desventajas de cada uno de estas dos losas utilizando variables comparativas para presentar los procesos constructivos, gastos económicos y tiempo de ejecución. Esta es una investigación de tipo descriptivo, donde se detallan los beneficios que tiene el uso del sistema postensado con adherencia vs. La losa

tradicional de concreto armado, basada en información realizada en obra, reportes y demás documentos referentes a los procesos constructivos desarrollados en otros proyectos con características similares, con un diseño de campo no experimental pues el edificio solo se ejecutó una vez. A partir de los resultados que dieron en esta comparación, se recomienda el uso de losas postensadas con adherencia en la construcción de edificaciones de uso comercial y/u oficinas.

Torres y Morales (2011) analizan en el “Sistemas constructivos: Hormigón pretensado y postensado” y además, desarrollan un estudio de ambos sistemas con concreto, analizando sus principales características, propiedades estructurales, y procedimientos constructivos, con el objeto de brindar posibles herramientas útiles a la hora de elegir un sistema constructivo para un proyecto en particular.

Esta tesis es de tipo descriptiva, donde se explican los beneficios de los sistemas constructivos pre y post - tensado basada en información realizada en reportes, investigaciones pasadas y demás documentos referentes a los procesos constructivos desarrollados en otros proyectos. Posee un diseño de campo no experimental, pues no realiza ninguna prueba o ensayo. Asimismo, describen las ventajas y desventajas de cada sistema y optan por lo recomendado por sus beneficios arquitectónicos.

Según la Universidad Politécnica de Cataluña en “Cálculo de losas postensadas en edificación – Capítulo IV, características de los materiales y elementos constructivos” tiene como objetivo principal ofrecer productos que garanticen la transmisión y anclaje de las fuerzas de tensado y la durabilidad de los mismos durante la vida de servicio de la estructura con este sistema estructural que existe actualmente en el mercado.

Este trabajo de tipo descriptivo, despliega el desarrollo de una edificación con el sistema postensado, los pasos a seguir y cuáles son los datos que se deben tomar para el cálculo basado en información documental,

memorias de cálculo y normas técnicas. Posee un diseño de campo no experimental porque solo detalla el diseño de una edificación. Recomienda el tipo de materiales a usar en el mercado actual y cuáles deben ser las características y procesos constructivos que se deben seguir para su ejecución evitando posibles problemas.

Delfina y Sánchez (2009) investigan en “Análisis y diseño de edificio habitacional a base de losas postensadas” el desarrollo del diseño de una edificación habitacional ubicada en la ciudad de México. Enfocan, además, los cálculos desarrollados para su construcción, ventajas y desventajas estructurales que tiene este tipo de sistema.

Esta investigación es de tipo descriptivo, detalla el análisis y diseño de ese tipo de losas, basado en información documental, normas técnicas, libros de diseño de concreto armado y normas técnicas. Posee un diseño de campo no experimental porque solo detalla el diseño de una edificación con características específicas. Recomienda las ventajas que tiene el sistema postensado desde el punto de vista estructural debido a la resistencia de cargas y resistencia sísmica.

ACIES, describe las “Losas Postensadas en edificación” describe los componentes, consideraciones, equipos, elementos constructivos, tipos de postensado, etc.

Esta monografía es de tipo descriptiva, analiza los componentes que poseen las losas postensadas basándose en información experimental, teórica y descrita en documentos referentes al tema. Recomienda las características y alcances que se debe tener en una edificación específica y la pone de ejemplo para otras edificaciones con las mismas características. Tiene un diseño no experimental porque solo describe el proceso constructivo de una sola edificación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concreto pres forzado

Según investigaciones realizadas por Eugène Freyssinet, el esfuerzo significa la creación intencional de esfuerzos permanentes en una estructura o conjunto de piezas, con el propósito de mejorar su comportamiento y resistencia bajo condiciones de servicio y de resistencia. Los principios y técnicas del pres forzado se han aplicado a estructuras de muchos tipos y materiales, la aplicación más común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural.

Según el texto Ingeniería Estructural (José Oscar Jaramillo Jiménez, 2001), el pre esfuerzo puede definirse, en términos generales, como el precargado de una estructura, antes de la aplicación de las cargas de diseño requeridas, hecho en forma tal que mejore su comportamiento general.

Además de los aspectos funcionales y económicos especiales del concreto como material de construcción de puentes, ciertas propiedades mecánicas y físicas son importantes con respecto a la aplicación y el comportamiento del concreto.

Es importante resaltar que entre el acero de refuerzo exista adherencia suficientemente resistente entre los dos materiales. Esta adherencia proviene de la rugosidad natural de las corrugaciones poco espaciadas en la superficie de las varillas.

En el concreto pres forzado existen dos procedimientos determinados en la introducción de fuerzas: pretensado y postensado. Los miembros del concreto pretensado pres forzado se producen estirando o tensado los tendones entre anclajes externos antes de vaciar el concreto y al endurecer el concreto fresco, se adhiere al acero. Cuando el concreto alcanza la resistencia requerida, se retira la fuerza pres forzada aplicada por gatos, y esa misma fuerza es transmitida por adherencia, del acero al concreto. En el caso de los miembros de concreto postensado, se esfuerzan los tendones después de que ha endurecido el concreto y de que se haya alcanzado la suficiente resistencia, aplicando la acción de los gatos contra el miembro de concreto mismo.

El uso de acero de alta resistencia para el pres fuerzo es necesario por razones físicas básicas. Las propiedades mecánicas de este acero tal como lo revelan las curvas de esfuerzo-deformación, son algo diferentes de aquellas del macero convencional usado para el refuerzo del concreto

Las varillas de refuerzo común son usadas en estructuras no pres forzadas, también desempeñan un papel importante dentro de la construcción del pres forzado. Se usan como refuerzo en el alma, refuerzo longitudinal suplementario, y para otros fines.

El concreto empleado en miembros pres forzados es normalmente de resistencia y calidad más alta que el de las estructuras no pres forzados. Las diferencias, en el módulo de elasticidad, capacidad de deformación y resistencia deberán tomarse en cuenta en el diseño y las características de deterioro asumen una importancia vital en el diseño. Los tipos de aceros utilizados para el concreto pre forzado se subdividen en dos:

- Con alambres redondos: son utilizados en construcción de concreto pres forzados postensado y ocasionalmente, en obras pretensadas en forma tal que cumplan con los requisitos de las especificaciones ASTM A-421, “Alambres sin revestimiento, relevados de esfuerzo, para concreto pres forzado”. Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero para obtener varillas redondeadas. Después del enfriamiento, las varillas se pasan a través de tóqueles para reducir su diámetro hasta el tamaño requerido. En el proceso de esta operación de estirado, se ejecuta trabajo en frío sobre el acero, lo cual modifica grandemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

La siguiente tabla muestra los diámetros de los alambres:

Tabla 1. Diámetros Nominales de alambres redondos

Mínima resistencia de Tensión (N/mm ²)		Mínimo Esfuerzo para una Elongación de 1% (N/mm ²)		
Diámetro nominal (mm)	Tipo BA	Tipo WA	Tipo BA	Tipo WA
4.88	*	1725	*	1380
4.98	1655	1725	1325	1380
6.35	1655	1655	1325	1325
7.01	*	1622	*	1295

Fuente: Clasificación del Acero ASTM A-421

Los tendones están compuestos, comúnmente, por grupos de alambres, dependiendo el número de alambres de cada grupo del sistema particular usado y de la magnitud de la fuerza pretensora requerida. Los tendones para prefabricados postensados típicos pueden consistir de 8 a 52 alambres individuales.

- Los cables trenzados: son usados casi siempre en miembros pretensados, y muy a menudo en postensado. El cable trenzado se fabrica de acuerdo con las especificaciones ASTM A-416 "Cable trenzado, sin revestimiento, de siete alambres, relevado de esfuerzos, para concreto pres forzado". Es fabricado con siete alambres firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor. El paso de la espiral del torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable. pueden obtenerse entre un rango de tamaño que va desde 6.35 mm hasta 0.60 mm de diámetro, se fabrica en dos grados: el grado 250 y 270 que tienen una resistencia última de 1720 y 1860 N/mm², respectivamente, basadas en el área nominal del cable.

Tabla 2. Propiedades del cable de 7 alambres de grados 270 y 250.

Grado	Diámetro Nominal (mm)	Resistencia a la Ruptura (KN)	Área Nominal del Cable (mm ²)	Carga Mínima para una Elongación de 1% (KN)
Grado 250	6,35	40,0	23,22	34,0
	7,94	64,5	37,42	54,7
	9,53	89,0	51,61	75,6
	11,11	120,1	69,68	102,3
	12,70	160,1	92,90	136,2
	15,24	240,2	139,35	204,2
Grado 270	9,53	102,3	54,84	87,0
	11,11	137,9	74,19	117,2
	12,70	183,7	98,71	156,1
	15,24	260,7	140,00	221,5

Fuente: Clasificación del Acero ASTM A-416.

En el caso de varillas de aleación de acero, la alta resistencia que se necesita se obtiene mediante la introducción de ciertos elementos de ligazón, principalmente manganeso, silicón y cromo durante la fabricación del acero. Las varillas se fabrican de manera que cumplan con los requisitos de la especificación ASTM A-277, “Varilla de acero de alta resistencia, sin revestimiento, para concreto pres forzado”. Las varillas de acero de aleación se consiguen en diámetros que de 12.7 mm hasta 34.93 mm y en dos grados 145 y 160, teniendo resistencia última, mínima de 1000 y 1100 N/mm².

Tabla 3. Propiedades de varillas de aleación grados 145.

Grado	Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal de la Varilla (mm ²)	Resistencia a la Ruptura (KN)	Mínima Carga para una Elongación de 0,7% (KN)
Grado 145	12,70	127	125	111
	15,88	198	200	178
	19,05	285	285	258
	22,23	388	387	347
	25,40	507	507	454
	28,58	642	641	574
	31,75	792	792	712
	34,93	958	957	859

Fuente: Clasificación del Acero ASTM A-227.

Tabla 4. Propiedades de varillas de aleación grados 160

Grado	Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal de la Varilla (mm ²)	Resistencia a la Ruptura (KN)	Mínima Carga para una Elongación de 0,7% (KN)
Grado 160	12,70	127	138	120
	15,88	198	218	191
	19,05	285	316	276
	22,23	388	427	374
	25,40	507	561	490
	28,58	642	708	619
	31,75	792	872	765
	34,93	958	1059	926

Fuente: Clasificación del Acero ASTM A-227

Generalmente se requiere un concreto de mayor resistencia para el trabajo de pres forzado que para el reforzado. La práctica actual pide una resistencia a los cilindros en 28 días de 280 a 350 Kg/cm² (27.46 a 34.32 N/mm²) para el concreto presforzado, mientras que el valor correspondiente para el concreto reforzado es de 170 Kg/cm² (16.67 N/mm²) aproximadamente. Un factor por el que es determinante la necesidad de concreto más resistente, es que el concreto de alta resistencia esta menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el concreto de baja resistencia antes de la aplicación de pres fuerzo.

Por lo general, para obtener una resistencia de 350 Kg/cm² (34.32 N/mm²), es necesario usar una relación de agua/cemento no mucho mayor que 0,45. Con el objeto de facilitar el colado, se necesitará un revestimiento de 5 a 10cm.

Para obtener un revestimiento de 7,5 cm con una relación A/C de 0,45 se requerirían alrededor de 10 sacos de cemento por metro cúbico de concreto.

Si es posible un vibrado cuidadoso, se puede emplear concreto con un revestimiento de 1,2cm o cero, y serían suficientes poco menos de 9 sacos por metro cúbico de concreto. Puesto que con una cantidad excesiva de cemento se tiende a aumentar la contracción, es deseable siempre un factor bajo de cemento. Con este fin, se recomienda un buen vibrado siempre que sea posible, y para aumentar la maniobrabilidad pueden emplearse ventajosamente aditivos apropiados.

Actualmente, el pre esforzado es una técnica altamente probada que ofrece soluciones fiables, económicas y estéticas en el diseño de estructuras.

2.2.2 Sistema de losas pre tensadas

Según Eduardo Medina Sánchez, autor del libro Construcción de Estructuras de Hormigón Armado en Edificación, pretensar una estructura es una técnica general que consiste en someterla a unas tensiones previas, artificialmente creadas, de forma que, juntamente con los efectos de las cargas y otras acciones que actúen posteriormente sobre ella, se originen unos estados de tensión o de deformación dentro de límites convenientemente prefijados, permitiéndole resistir su peso propio y el de las sobrecargas que actúan.

La técnica del pretensado no es privativa de las estructuras de concreto, ni existe una sola forma de pretensar estructuras.

Los cables se anclan en un extremo fijo, y se tensan desde el otro extremo hasta que se alcance el valor de la fuerza de pretensado calculada y luego se ancla en el otro macizo mediante un anclaje ajustable, en el que se mantenga el cable el esfuerzo introducido. Con posterioridad se procede al vaciado de la losa en el molde colocado para tal efecto. Una vez fraguado y endurecido el concreto, se cortan los cables, en los extremos de la viga; el concreto funciona como anclajes, ya que, la fuerza del tensado se transmite al concreto mediante la adherencia

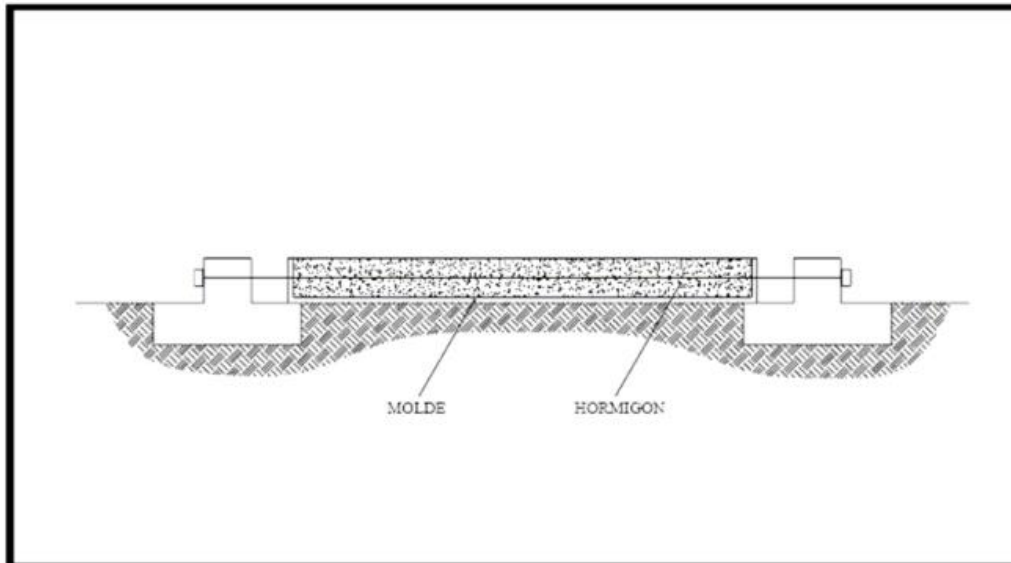


Gráfico 1. Sistema Pre tensionado

Fuente: Congreso Nacional Estudiantil, Aceros pre y post-tensado en puentes y edificaciones

El método de pretensado es el que se realiza el tensado antes del fraguado y endurecido del hormigón. Las características del pretensado:

- Viga prefabricada
- El pretensado se aplica antes que las cargas.
- El anclaje se da por adherencia.
- La acción del pretensado es interna.
- El acero tiene trayectorias rectas.
- Las vigas son generalmente simplemente apoyadas (elemento estático).

2.2.3 Sistema de losas postensadas

Según Eduardo Medina Sánchez, autor del libro Construcción de Estructuras de Hormigón Armado en Edificación, en la arquitectura moderna, la cual va ligada a un estilo práctico, plantea la necesidad contar con espacios diáfanos que permitan flexibilidad en el uso y la distribución interna. El empleo del postensado aumenta la capacidad resistente de la losa, lo que permite aumentar las luces y reducir el número de elementos verticales en la estructura y poder crear espacios libres sin interferencias de pilares.

En consecuencia, se produce un ahorro de materiales y una notable mejora arquitectónica por la posibilidad de disponer de mayor superficie útil y más facilidad. Este caso se puede apreciar en edificios dedicados a estacionamientos o destinados a otros usos, en donde la disminución del número de soportes ofrece mayor comodidad para los usuarios.

En el postensado, se emplea un cable o un conjunto de cables de acero, que se introducen en una vaina o conducto que permite el deslizamiento del cable en su interior. La vaina se coloca en posición dentro del encofrado de la viga a construir. Luego es vaciada la losa y, una vez fraguado y endurecido el concreto, se efectúa el tensado del cable desde el extremo del anclaje ajustable, que después se fija a la viga. La transferencia de fuerza del cable a la viga se realiza a través de los anclajes.

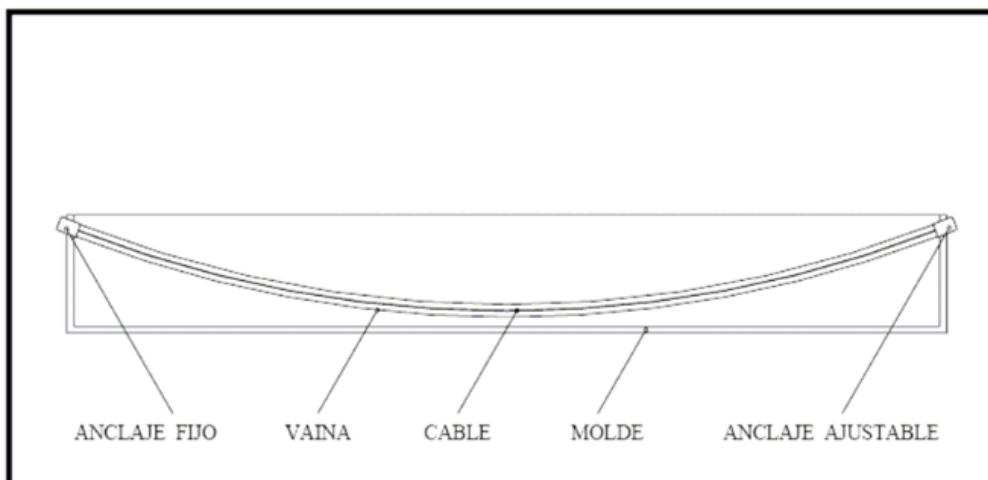


Gráfico 2. Partes del sistema Pretensado

Fuente: Congreso Nacional Estudiantil, Aceros pre y post-tensado en puentes y edificaciones

El método de postensado es el que se realiza el tensado después de haber fraguado y endurecido el concreto.

Las principales ventajas de las losas postensadas son las siguientes:

- Acortamiento significativo de plazos de ejecución de la obra gruesa gracias a rápidos y eficientes programas de construcción.
- Ahorros en hormigón, acero, mano de obra y moldaje.
- Integridad estructural superior proporcionada por la continuidad de La losa y cables.
- Esbeltas estructuras que permiten disminuir la altura del edificio, reducir las cargas de fundación y aumentar las luces.
- Uniones sencillas y eficientes entre losas, vigas, muros y columnas que eliminan problemas de juntas entre dichos elementos.
- Soluciones estructurales con bajos requerimientos de mantención.
- Mayor firmeza, durabilidad y resistencia al fuego.

Las losas postensadas, con o sin adherencia, han permitido a arquitectos, ingenieros y constructores de todo el mundo realizar sus proyectos obteniendo diseños seguros, económicos y estéticamente agradables. Es importante destacar que de esta forma pueden eliminarse las vigas tradicionales, lográndose así una mayor altura útil de piso a piso.

A continuación, se explica la definición de losas postensadas sin adherencia y con adherencia.

a) Sistema de losas postensadas sin adherencia:

Este sistema está constituido por tendones no adherentes, engrasados y embutidos en una vaina de polietileno de alta densidad y de reducido espesor que presenta una perfecta protección del acero ante la corrosión.

El acero de postensado está permanentemente libre de movimientos relativos respecto al concreto al cual éste le va a aplicar las fuerzas de postensado. La construcción de este sistema de postensado se realiza “in situ” en su totalidad, aunque en ocasiones se combinan con

elementos prefabricados que cumplan la función de encofrados de fondo, sobre los cuales se vierten concreto “in situ” al cual se conectan armaduras pasivas transversales.

El sistema de losa postensada sin adherencia, consiste en una placa maciza de concreto empotrada en los pilares de la estructura, cuyo proceso constructivo en grandes rasgos es el siguiente: colocación de encofrado previo al vaciado del concreto, una vez realizado el trazado para la armadura pasiva y los tendones se disponen en su colocación correspondiente, de acuerdo al funcionamiento estructural que se desee realizar. En los extremos de los tendones, se disponen las plantas de anclaje en moldajes con el fin de vaciarlas, posteriormente, para protegerlas.

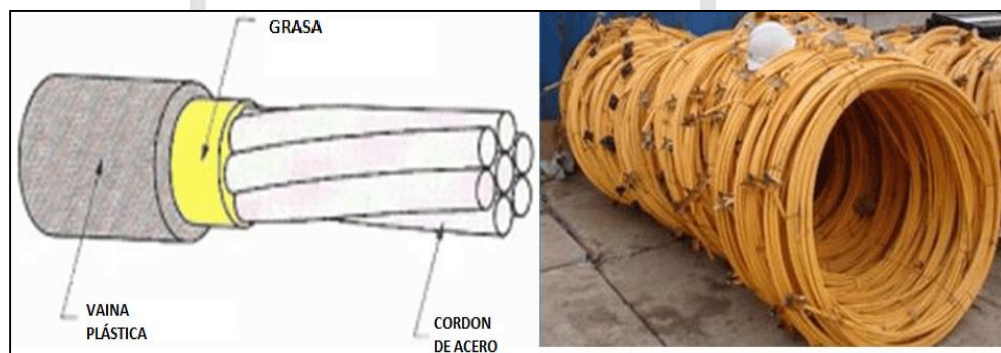


Gráfico 3. Cables postensado para losas sin adherencia

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado sin adherencia

b) Sistema de losas postensadas con adherencia

Este sistema está basado en el sistema clásico de postensado de monotorón e incorpora la adherencia con todas las ventajas asociadas a ello. Las ventajas del sistema postensado con adherencia son las siguientes:

- Reducción de las armaduras pasivas.
- Redundancia estructural por adherencia y anclaje.
- Facilidad de realizar modificaciones de la losa terminada.
- Bajas pérdidas por fricción.
- Excelente protección frente a la corrosión.

- Aprovechamiento completo de la capacidad de acero de alta resistencia.
- Mejora del comportamiento frente a la producción de fisuras por la activación de la fuerza de adherencia.
- Sistema delgado, ligero y flexible que permite máxima excentricidad en losas relativamente delgadas.
- Aplicabilidad en obras civiles viales.
- Buen comportamiento frente a fatiga en estructuras sometidas a cargas variables.

Los sistemas existentes adherentes hasta la fecha son multitorón, los que son adecuados para grandes luces y cargas, pero que se adaptan mal a las losas porque concentran grandes fuerzas del postensado. El sistema con adherencia es el más requerido, gracias a su gran versatilidad al manejar el material sobretodo en losas postensadas ya que se aprovecha al máximo el acero de alta resistencia lo que minimiza los costos. En el sistema con adherencia, todos los componentes son ligeros, de muy fácil instalación. Su colocación se efectúa en forma manual debido a que las piezas encajan con una ligera presión, el alambre que se utiliza para amarrar los anclajes es del tipo convencional y los equipos para el tensado es el estándar.

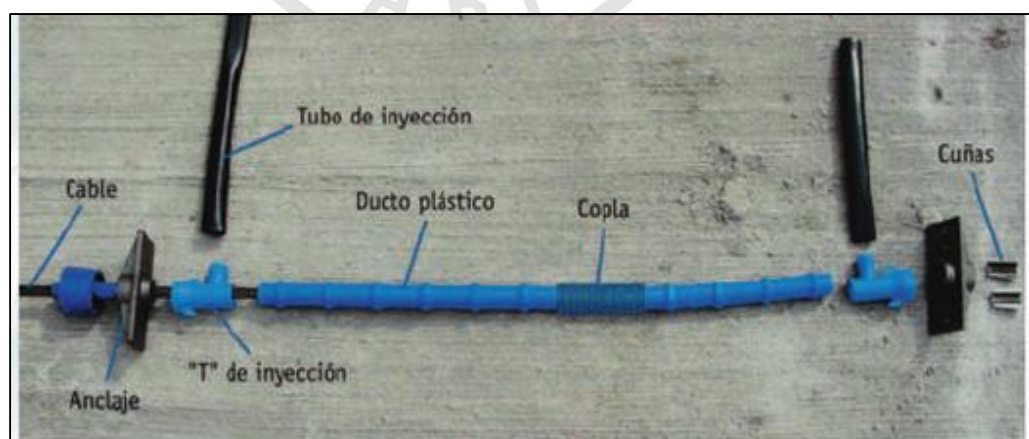


Gráfico 4. Componentes de cables para losas postensadas adheridas

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

Este sistema utiliza un ducto o vaina plástica corrugada con el fin de ofrecer una excelente protección para el cable contra la corrosión y, a la vez, de no alterar las propiedades del concreto. Además como la vaina presenta resaltes (superficie corrugada) da una continuidad entre la lechada y el hormigón, “T” de inyección plástica de la misma calidad del ducto en donde va inserto el tubo de inyección para la lechada, anclajes pasivos y activos, cuñas, cono. El acero de postensado no está libre de movimientos relativos respecto al hormigón al cual éste le va a aplicar las fuerzas del postensado, ya que se inyecta lechada de cemento después del tensado, lo que hace que el acero y el hormigón sean uniformes.

Las estructuras forjadas de concreto con armaduras pasivas convencionales y armaduras activas constituidas por cordones de acero de alto límite elástico, de 0.5” (12.7mm) o 0.6” (15mm) de diámetro engrasadas las cuales se embuten en una vaina o ducto plástico de alta densidad para luego inyectarle lechada.

2.2.4 Composición de losas postensadas

ASTM A416/A416M-06 (2005) indica que los materiales que forman parte de la losa postensada con adherencia o sin ella son los siguientes:

- **Acero para tensado:** se utiliza acero de alta resistencia para concreto pres forzado, para cables no adheridos y armadura activa en losas postensadas se utiliza cable de siete hebras de acuerdo con lo estipulado en la norma ASTM A-416 que fija las características mínimas de los materiales a emplear, sus designaciones y métodos de ensayo.

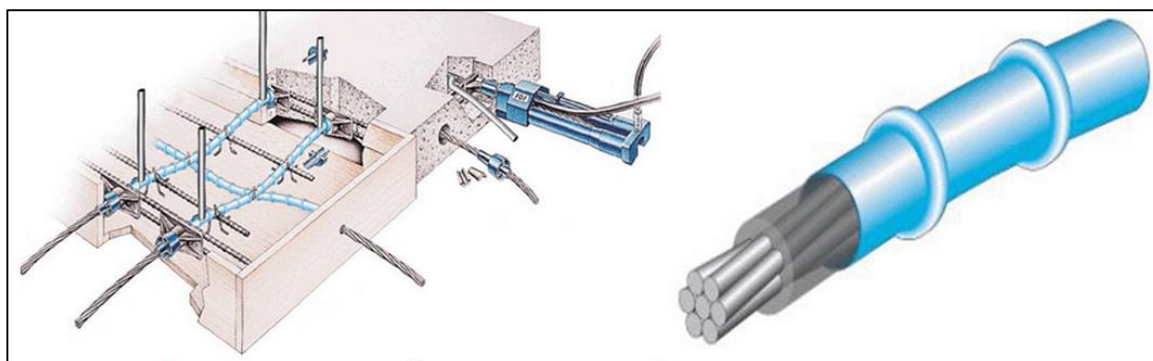


Gráfico 5. Cable mono torón para losa postensada con adherencia.

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

- **Acopladores:** son los elementos destinados a dar continuidad a un tendón entre dos partes de la estructura separadas por una junta de construcción. Conviene situarlos en puntos de reducidos esfuerzos de flexión (generalmente en secciones próximas a $1/4 - 1/5$ de la luz). Deberán evitarse en zonas con fuertes curvaturas en los tendones, y solo se colocarán donde lo apruebe el director de obra. Los acopladores deben situarse en cajones suficientemente amplios como para permitir el movimiento de los mismos y deben estar debidamente protegidos frente a la corrosión antes de ser vaciado el hormigón. Los acopladores deben satisfacer los mismos ensayos de fatiga exigidos a los anclajes. Los acopladores se utilizan cuando se quiere evitar la manipulación de bobinas muy pesadas. Es posible entonces alargar un tendón ya anclado utilizando un acoplador que transmitirá la totalidad de la tensión. Los tendones no adherentes deberán acoplarse únicamente en puntos, específicamente, indicados en proyecto o bien mediante aprobación del proyectista.
- **Anclajes:** son los elementos a través de los cuales se transmite al concreto la fuerza de pretensado concentrada en el extremo del tendón. Los anclajes suelen consistir en placas metálicas, cuñas y elementos de protección frente a la corrosión.

Existen dos tipos de anclajes: activos y pasivos. Los anclajes activos, son aquellos desde los que tensa, mientras que los pasivos son los que reciben la carga a través del tendón, pero no directamente del gato de tensado.

El efecto de los cordones se consigue en la mayoría de los casos en cuñas de acero que se disponen entre el cordón y el orificio de la placa de anclaje. Una vez que el tendón se ha tensado se colocan las cuñas, clavándolas ligeramente; cuando el gato de tensado suelta el cordón, este intenta retroceder, clavando más las cuñas que impiden su movimiento.



Gráfico 6. Cuñas para anclajes en cables postensadas

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

Algunos anclajes pasivos consisten en dejar la armadura activa embebida en el concreto con diversas formas geométricas y dispositivos, de forma que consiguen el anclaje sumando el efecto mecánico al de adherencia. Otros son muy similares a los activos, esto es que disponen de una placa metálica con cuñas para conseguir el efecto de anclaje.

El tamaño de los anclajes es variable, según sirvan para anclar uno o varios cordones. El anclaje simple suele tener forma rectangular de 13x6cm, aproximadamente, y generalmente se disponen en forma horizontal dado lo estricto del canto en los forjados.

El conjunto tendón-anclaje debe ser capaz de resistir ensayos estáticos y de fatiga. Esto último consiste en someterlo a 500000 ciclos de carga con

tensiones oscilantes entre el 60 y 66% de la carga de rotura y a un número menor (50 ciclos) con tensiones del 0 al 80% de la tensión de rotura. Algunos anclajes vienen protegidos frente a la corrosión por una capa de polietileno de alta densidad adherido al acero.

Los tendones se anclarán mediante anclajes mecánicos individuales. Estos deberán ser capaces de desarrollar al menos un 96% de la carga de rotura mínima exigida para los tendones sin que se llegue a rotura ni a deslizamiento de cuña. La máxima penetración de cuña de anclajes será de 5mm para tendones tensados al 75% de su carga máxima. El conjunto tendón anclaje debe ser capaz de resistir ensayos estáticos y de fatiga.



Gráfico 7. Anclajes donde se transmiten las fuerzas de tensión

Elaboración: Las autoras

- **Armadura activa:** consiste en cordones de siete alambres, por lo general de diámetro 0.5" (12.7mm) o 0.6" (15mm), engrasados y enfundados en una vaina de polietileno de alta densidad o de otro material plástico no corrosivo.

La grasa situada en el espacio existente entre cordón y vaina tiene carácter protector frente a la corrosión, debe garantizarse un espesor sobre el acero de 0.5 décimas de milímetro. El espesor de la vaina está entre $1.1\text{mm} \pm 15\%$. El incremento de diámetro del tendón debido a la

vaina es de $3\text{mm} \pm 10\%$.

El incremento de peso del tendón oscila alrededor del 10%. El cordón que se utiliza con mayor frecuencia es de 0.6" (15mm) de diámetro nominal, sección nominal 140 mm^2 , carga de rotura 260.7 KN (tensión de rotura nominal de 1860 N/mm^2), módulo de elasticidad 195 KN/mm^2 , peso del acero desnudo 1.102 Kg/m , peso incluyendo vaina y protección de 1.19 Kg/m .

El alargamiento mínimo total, medido sobre una base 610mm es superior al 3.5%. Las pérdidas por relajación a las 1000 horas varían (aceros de baja relajación) entre 1.5 y 2.5%, mientras que a los 50 años se sitúan entre el 3 y 4%.

- **Armadura pasiva:** son las mismas que se utilizan en la construcción convencional con concreto tradicional. De esta forma se instalan barras de acero de refuerzo en las zonas apropiadas, así cumpliendo con tal requerimiento, obteniéndose un elemento capaz de resistir esfuerzos o tensiones combinadas.
- **Cable adherido:** cable en el cual el acero de postensado, luego de tensar e inyectar lechada, permanece adherido completamente a la masa del concreto que conforma el elemento.
- **Cono:** dispositivo plástico temporal usado en conjunto con el anclaje durante el vaciado del elemento con el objeto de dejar la abertura necesaria en el concreto, en el cual se introducirá el equipo de tensado, tales como las cuñas y mordazas.
- **Copla:** dispositivo para unir extremos de acero para postensado.
- **Ducto – funda:** cubierta en la cual el acero del postensado es colocado para prevenir la adherencia durante la colocación del concreto. En el caso

de cables no adheridos se debe proteger la grasa que inhibe la corrosión y provee de aislación al cable ante la humedad en ambientes corrosivos.

- **Gato:** método más común para pre esforzar o tensar los cables es el uso del gato hidráulico. Debido a su gran capacidad y a la relativa poca fuerza necesaria para aplicar presión, además de su fácil manejo.
- **Grasa:** material usado para proteger el cable de la corrosión y/o lubricar el acero de postensado.
- **Concreto:** no presenta diferencias sustanciales con el utilizado en cualquier obra pretensada. Se trata de conseguir un concreto de alta resistencia, esta debe ser superior a los 25 MPa, con una alta resistencia a temprana edad, para poder tensar los tendones rápidamente, con buena trabajabilidad (es recomendable trabajar con consistencia blanda o fluida) y con reducida retracción y fluencia, con el fin de evitar fisuras y pérdidas excesivas de fuerza de pretensado.

La alta resistencia inicial se debe conseguir mediante la utilización de cementos tipo I y II, dosificación con una proporción no inferior a 350 Kg/m³ (por lo general 400 Kg. /m³) y con relación A/C entre 0.40 y 0.50. En estas condiciones, conseguir la trabajabilidad deseada solo es posible utilizando un plastificante y en ocasiones muy especiales, un superfluidificante en las proporciones adecuadas. Por lo general, las adiciones de estos aditivos oscilan entre el 3 y el 4% del peso del cemento. El conseguir un concreto muy fluido es esencial ya que en la mayoría de los casos se coloca con bomba y además permite un mejor vibrado, llegando en ocasiones a ser un material casi autonivelante.

Dado que con determinadas soluciones se puede ir a elementos delgados, por ejemplo, placas nervadas con espesor de losa de 15cm, conviene en ellos reducir el tamaño máximo del árido con respecto a la

construcción convencional a 12mm. Así, para evitar problemas de punzonamiento dadas las grandes luces que pueden alcanzar.

Se recomienda utilizar concreto de 35 MPa de resistencias a los 28 días. Estas resistencias requieren valores reducidos de la relación A/C, contenido en cemento superior a 350 Kg. /m³ y una granulometría bien estudiada. También es conveniente reducir la retracción del hormigón para evitar pérdidas diferidas muy altas.

Para poder tensar al poco tiempo del vaciado se recomienda utilizar cemento de alta resistencia inicial, de forma que se alcance el 60 a 70% de la resistencia especificada a los 28 días en un plazo de 3 días, aproximadamente, después del vaciado, se podrá realizar el tensado de los cables.

- **Lechada de inyección:** pasta utilizada para lograr el monolitismo entre el concreto y el cable, inyectada a través de los puntos superiores del ducto. Este mortero, está compuesto principalmente de agua, cemento, aditivo expansivo y en algunas ocasiones, se utiliza un aditivo fluidificante.
- **Separadores y soportes:** teniendo presente que las barras de las armaduras deben ser soportadas, ancladas, amarradas e inspeccionadas antes de iniciar el vaciado, por lo que es de mucha importancia que los separadores sean capaces de sostener firmemente las barras, que sean lo suficientemente sólidos como para resistir el vaciado del concreto y eviten la posibilidad que las barras tiendan a moverse, se desplacen o curven. Para soportar las barras superiores de las losas, se usan sillas continuas o individuales, instaladas a distancias aproximadas de 1,5cm.
- **Tendón – cables:** es aquel conjunto que está constituido por los anclajes y le acero de pretensado con funda cuando corresponda. El cable es el que transmite las fuerzas del postensado al concreto.

2.2.5 Geometrías comunes en Losas Postensadas:

Existen cuatro tipos de geometrías comunes de losas postensadas. A continuación se detallará los tipos de geometrías:

- **Losa plana:** Las ventajas de este tipo de sistemas residen fundamentalmente en la sencillez y economía del encofrado, la flexibilidad en la disposición de pilares y la planeidad de los techos, que garantiza una adecuada estética y un sencillo trazado de servicios e instalaciones.

Su rango de utilización es aproximadamente entre 7 a 10m, para cargas ligeras a medias. No es conveniente su utilización en caso de luces muy distintas en ambas direcciones, salvo que la dirección de mayor luz se haga postensada y la otra armada.

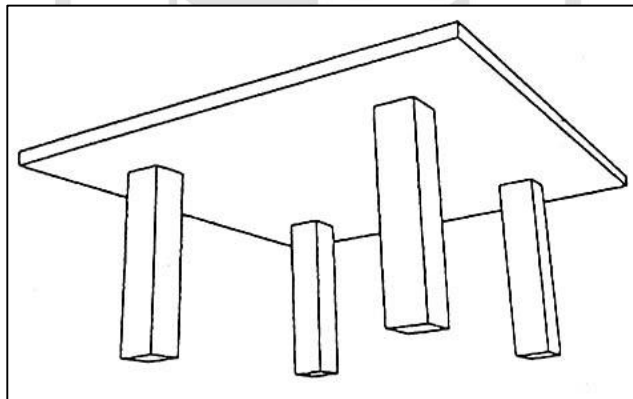


Gráfico 8. Losa Plana

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

- **Losa plana con capitel:** Las ventajas de este tipo de losas residen en un aumento de la resistencia al punzonamiento así como en un menor consumo de hormigón para vanos importantes cuando se utilizan capiteles. Se puede llegar hasta 13m, aproximadamente, para cargas medias.

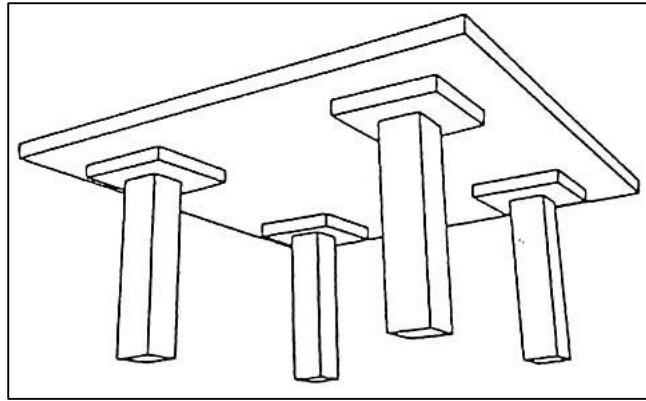


Gráfico 9. Losa con capiteles

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

- **Losa unidireccional:** este caso es muy usual cuando las luces son muy distintas en las dos direcciones. La viga plana puede cubrir luces de hasta 20m y la losa hasta 13m. Los tendones se colocan concentrados en las vigas y se distribuyen uniformemente en la losa.

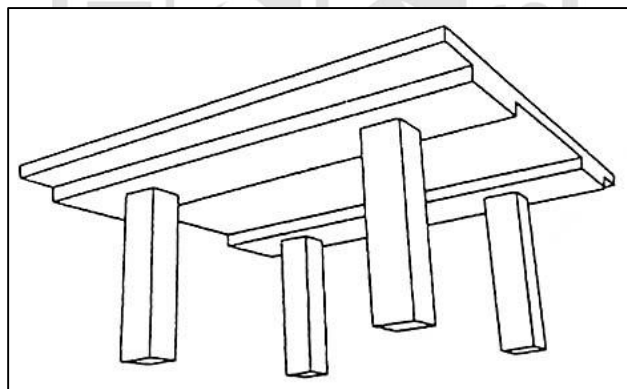


Gráfico 10. Losa unidireccional

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

- **Vigas postensadas y losa unidireccional:** igual que el anterior, pero puede cubrir luces mayores y recibir grandes cargas concentradas (vigas cargadero). El trazado es igual al anterior.

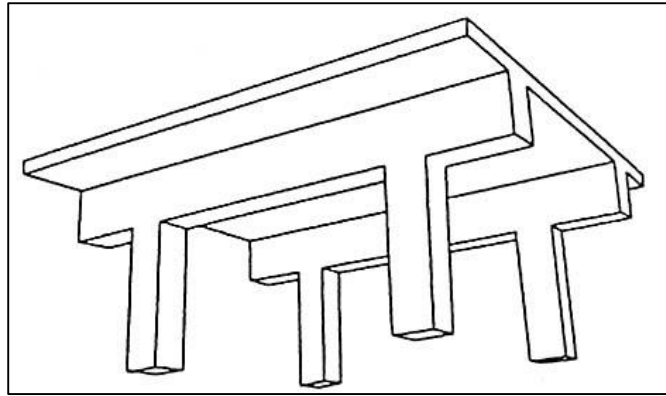


Gráfico 11. Vigas postenadas y losa unidireccional

Fuente: VSL, Chile. Descripción del sistema pos tensado

2.2.6 Procedimientos constructivo de losas postensadas adheridas

La información general para los materiales que se usarán, en este sistema, son las siguientes:

- **Concreto:**

Resistencia cilíndrica a los 28 días: $f'c = 280 \text{ Kg. /cm}^2$ mín.

Resistencia mínima para el tensado: $f'ct = 180 \text{ Kg. /cm}^2$.

- **Acero pretensado y/o activo:**

La descripción del acero pretensado, llamado también acero activo que se utilizan en este proceso constructivo son los que se detallan a continuación.

Tabla 5. Datos técnicos del acero pretensado

Variable	Acero ø 0.5"	Acero ø 0.6"
Diámetro Nominal:	1,27 cm	1,52 cm
Área	0,987 cm ²	1,40 cm ²
Módulo de Elasticidad	1970 a 2040 kg/cm ²	1970 a 2040 kg/cm ²
Resistencia Final	18,8 toneladas métricas	26,6 toneladas métricas
Fuerza Temporal Máxima	15,0 toneladas métricas	21,2 toneladas métricas
Fuerza de Anclaje	13,2 toneladas métricas	18,7 toneladas métricas

Fuente: VSL, Perú. Manual de Instalación de Cables de tensado en Losas

- **Acero pasivo:**

Calidad: ASTM A615 Grado 60

Tensión de Fluencia: 4200 Kg/cm²

Antes de empezar el procedimiento de instalación se debe tener en cuenta el almacenamiento y manejo de los cables que irán en este sistema, siendo el principal componente de las losas.

- Se recomienda que durante la descarga de los cables ha de tener cuidado de no dañar la funda plástica para el postensado adherido, usar eslingas de nylon para este propósito. Las cuerdas nunca deben estrangular los cables, siempre enganchar los rollos pasando la cuerda por el centro de estos. Enganche cada ojo de la cuerda en el equipo de izaje (Grúa). Nunca use cadenas o garfios para la descarga pues ellos pueden ocasionar graves daños en los cables.
- El proceso de descarga debe ser realizado lo más cerca posible del área de almacenaje para evitar movimientos excesivos de los materiales ya que estos aumentan la probabilidad de daño la funda u otros componentes del sistema.

- Los cables deben almacenarse en áreas donde se encuentren seguros y no expuestos a la intemperie. Se establece el plazo máximo de 30 días entre el cable que es depositado en obra y el proceso de tensado. Cuando se requiera un mayor tiempo de almacenaje del cable en la obra, el cliente deberá protegerlo aplicando un aceite soluble. Las cuñas y anclajes se deben almacenar en áreas limpias y libres de humedad.
- Muchos cables van despachados en paquetes o zunchos atados, el paquete amarrado es como un resorte enrollado y se desenrolla al cortar las amarras. Esta operación puede resultar peligrosa y se deberá tener cuidado al desenrollar el cable.
- Cuando se reciba el equipo de tensado, se debe asegurar que tanto el gato hidráulico como el manómetro no se encuentren nunca separados, pues son calibrados como una unidad. Verificar que el Equipo de Tensado posea el registro de calibración. Almacene el equipo en un lugar limpio y seco, limitando el acceso solo a personal calificado.

Para poder empezar cualquier procedimiento constructivo el encargado de la obra debe poseer toda la información y los planos necesarios para ello.

a) Instalación de cables en la losa

- Se debe marcar en el encofrado de borde, el centro de cada cable de acuerdo con los planos aprobados. El encofrado de borde también ha de mostrar el tamaño del cono en aquellos lugares que puedan presentar conflicto. Se recomienda instalar el postensado antes que los conductos eléctricos y el comienzo de los trabajos mecánicos. La ubicación de los cables y su perfil deben mantenerse preferentemente a otras especialidades o materiales que deban ser incorporados (como la armadura tradicional).

- Perforar el encofrado de borde donde los anclajes activos han de ser colocados. Engrase la punta del Cono plástico que será introducido en el anclaje. Se debe sellar las juntas entre los fondos de losa para lograr estanqueidad y evitar pérdidas de lechada, esperables dado que, por una parte, el vibrado es intenso y por otra el concreto es muy fluido ya que puede ser colocado con bomba.
- Unir el cono con el anclaje y posteriormente, introduzca el conjunto en la perforación previamente realizada, clavando fuertemente este conjunto al eje del borde indicado. Deberá tenerse cuidado de fijarlo bien para evitar que se introduzca lechada en la cavidad a ser usada por las cuñas. Es importante que el anclaje quede totalmente perpendicular al encofrado. Si se presentan obstrucciones, mover suavemente el anclaje de su posición. Observar que en el proyecto de postensado, las dimensiones del equipo son conocidas (aproximadamente 55cm el gato tensor). Si vemos que el tensado no va a poder ser realizado, será necesario relocalizar los anclajes.

En losas bandeadas, la ubicación horizontal de cables y anclajes normalmente no es crítica y se pueden realizar movimientos en este plano. Sin embargo, el perfil vertical es crítico y debe mantenerse dentro de las tolerancias indicadas en las desviaciones del perfil vertical o altura de soportes del cable de ± 3 mm para losas con espesores bajo los 20cm, ± 8 mm para losas con espesores entre 20 cm y 60 cm, y ± 10 mm para losas con dimensiones mayores a 60 cm. El comportamiento de la losa es relativamente insensible a la ubicación horizontal del cable, sin embargo, es muy importante evitar que se produzcan desviaciones excesivas en el cable.

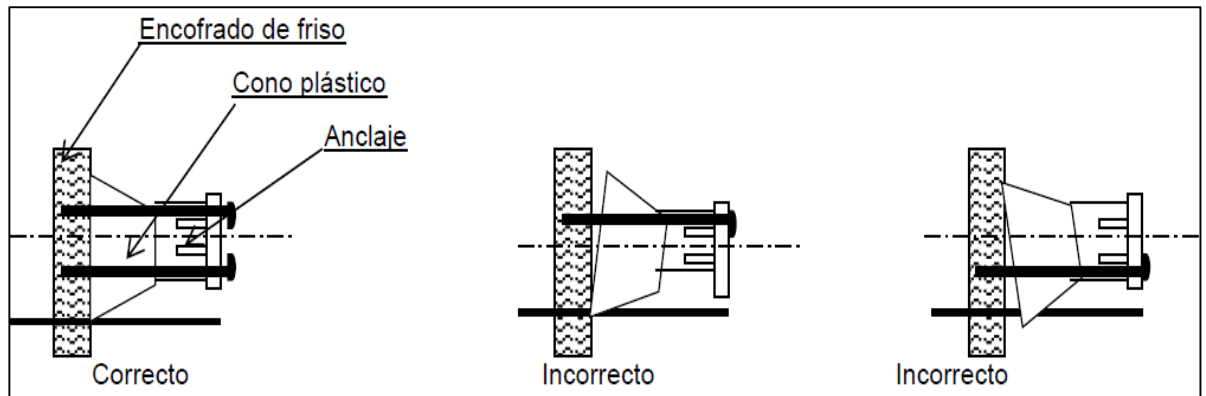


Gráfico 12. Anclaje y cono perpendicularmente al encofrado de friso

Fuente: VSL, Perú. Manual de Instalación de Cables de tendido en Losas

- Marcar sobre el encofrado la ubicación de los soportes que son utilizados, según lo indicado en el plano de soportes. Marque, además, cada cierto tramo, la ubicación de los cables para facilitar su colocación. Seleccione el cable para el sector de trabajo de acuerdo con el código de colores indicado en el plano correspondiente o en el despacho de bodega.
- En losas bandeadas, iniciar la colocación partiendo por los cables uniformes sobre cada una de las columnas; luego proceder a colocar los cables de banda y finalizar con los uniformes. Desenrollar los cables en su posición desde el extremo del anclaje muerto (sí existiese) hacia el extremo a tensionar. Si el cable va a ser tensionado de ambos extremos, cuando se desenrolle, este se deberá dejar suficiente extremo libre a cada lado para poder proceder al tendido (45 cm mínimo especificado). Si el cable presenta un tendido intermedio, deberá ser desenrollado solo hasta un poco más allá de la junta de construcción. El resto del cable deberá permanecer enrollado y protegido hasta que el próximo vaciado esté listo a realizarse.
- Después que los cables estén colocados, se remueve la funda del extremo del cable que será tensionado, lo necesario y requerido para ser colocado a través del anclaje y el encofrado de borde lateral correspondientes. Se remueve solo el pedazo de funda necesario, de tal forma que no exista más de 3 cm de cable desnudo dentro del concreto a

ser vaciado. Para ambientes muy corrosivos puede ser necesario colocar una protección plástica entre la funda y el anclaje.

Para losas de espesor igual o mayor a 18 cm, los anclajes colocados en forma vertical no podrán tener una separación menor a 10 cm y para losas cuyo espesor es menor a 18 cm, los anclajes han de colocarse en forma horizontal y su separación no debe ser inferior a 15 cm. Si en los planos del proyecto se indica algo distinto, estos prevalecen sobre los puntos anteriores.

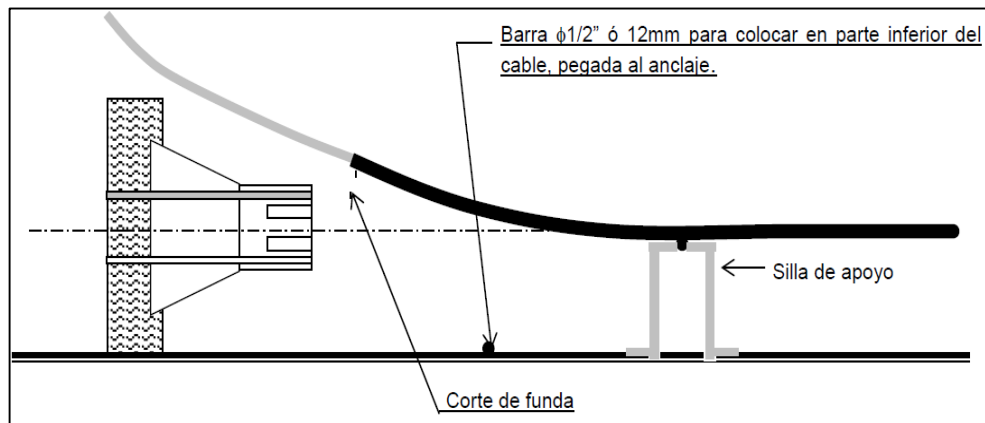


Gráfico 13. Recorte de funda de cable no más de 3 cm de la cara del anclaje.

Fuente: VSL, Perú. Manual de Instalación de Cables de tensado en Losas

- En caso de que en el extremo de los anclajes, ya sea pasivo o activo, no exista armadura vertical, se deberá proveer de horquillas de $\pm 8\text{mm}$ entre cada anclaje y por fuera de los anclajes extremos. Para un grupo de N anclajes, se colocarán N+1 horquillas.

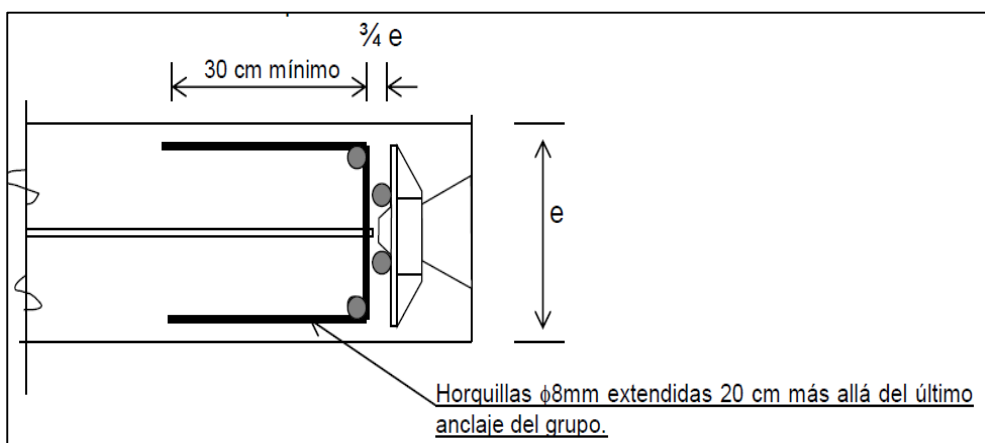


Gráfico 14. Posicionamiento de Horquillas ϕ 8mm.

Fuente: VSL, Perú. Manual de Instalación de Cables de tensado en Losas

- En cables adherentes, se deberá generar grupos de máximo dos cables cuya separación entre grupos será de al menos 3 cm, con el fin de permitir que el concreto fluya fácilmente por debajo de los mismos. Debe tenerse el cuidado de verificar que los cables no se encuentren cruzados a través de la losa. Mantener los cables lo más rectos que sea posible de acuerdo con los planos de diseño. Curvas (ondas) en el tendido de los cables pueden originar fricciones mayores a las normales las cuales pueden verse reflejadas en elongaciones bajas al momento de tensar.
 - Disponer los cables de acuerdo con el plano de soportes correspondiente. Los amarres del cable al sistema de soporte no deben causar ninguna deformación visible a la funda o al ducto. Los cables deben quedar bien fijos con el objeto de prevenir cualquier desplazamiento durante la colocación del concreto.
 - El extremo de anclaje muerto debe ser asegurado en su posición utilizando para ello el refuerzo ($2\phi 12\text{mm}$ o $2\phi 1/2"$) y las sillas de apoyo indicados para los anclajes. Nunca clave este anclaje al encofrado perimetral, salvo indicación contraria del proyecto.
 - Inspeccione el perfil del cable y repare cualquier daño; ya sea al ducto, con el objeto de prevenir obstrucciones que impedirían su posterior inyección; o a la funda, evitando el contacto del cable con el concreto que afectaría el libre tránsito del cable en este último. En ambos casos, la reparación se hará a base de cinta para embalaje.
- b) Colocación del concreto**
- El vaciado no debe iniciar a menos que los cables, soportes y refuerzos tradicionales se encuentren de acuerdo con lo especificado en los planos

aprobados correspondientes y el registro de calidad esté previamente aprobado.

- Es importante disponer de juntas de vaciado para dividir el fraguado en segmentos de tamaño adecuado para que sea posible vaciarlos en un día. Se debe prever de antemano la posición de estas juntas y tenerlas bien encofradas. Se puede disponer de elementos conectores, si bien los tendones pueden atravesar la junta sin ellos.

Cuando existan muros o columnas muy rígidas que cortan la libre deformación axial de la losa, conviene disponer de una junta o banda de cierre sin vaciar durante cierto tiempo, dividiendo la losa en segmentos independientes. Se puede evitar así la generación de importantes fisuras por retracción y que el pretensado se transmita a los muros en lugar de a la losa. Conviene armar esta junta adecuadamente e incluso postensarla para dar la continuidad requerida.

- El concreto deberá ser colocado de tal manera que asegure la posición de los cables del postensado y no altere la posición del refuerzo tradicional. Si los cables se desplazan de su posición original, se deberán regresar a su ubicación inicial nuevamente antes de seguir con el vaciado. Si es colocado por camión, debe evitarse la acumulación excesiva de concreto en un punto dado de la losa y que cuando se haga escurrir el concreto, la operación no desplace los cables. Si es colocación a través de grúa, el concreto deberá dejarse caer del balde de una altura tal que no produzca el desplazamiento de los cables y si la colocación es por bomba, las tuberías de la bomba deben ser soportadas por sobre los cables, de ninguna manera descansar sobre ellos. Por ningún motivo se debe descargar el cebo de la bomba sobre la losa.

Por último, la manguera de descarga debe ser mantenida en una posición tal que no cause el desplazamiento del sistema postensado.

- El vibrado del concreto en la zona de anclajes es crítico para prevenir y eliminar cangrejeras y segregación. Deben tomarse las precauciones para el concreto vibrado por debajo de los anclajes y/o cables. Esto último es muy importante en el caso que se presenten paquetes de varios cables en la losa. No se debe apoyar los vibradores sobre los cables.
Evitar el contacto entre la sonda vibradora y los cables durante la colocación y compactación del concreto.

c) Tensado de cables

La operación de tensado de los cables no puede comenzar mientras las probetas de concreto curado bajo las condiciones de trabajo no hayan sido ensayado y su resistencia esté por sobre la resistencia requerida para esta operación, la cual está indicada en las especificaciones del proyecto.

Se recomienda realizar ensayos de resistencia para los cuatro primeros días del concreto, ello permitirá definir el momento para realizar una precarga, así como el valor de ella. Además, permitirá definir de mejor manera el momento preciso del tensado final. Este método es bastante bueno, y por lo general, reduce considerablemente la cantidad y ancho de las fisuras.

- El encofrado de borde de la losa deberá ser removido lo más pronto posible para así facilitar la extracción del Cono plástico y la posterior limpieza de la cavidad. La actividad se facilita mientras menos edad tenga el concreto. El resto de los encofrados permanecerá en su lugar hasta después del tensado.
- Remover el cono plástico.
- Limpiar en el anclaje la cavidad para la cuña, remover cualquier pasta de concreto existente, la cual impediría una sólida unión entre las cuñas y anclajes.

- Verificar la integridad del concreto, a ambos lados del cono y en toda la superficie expuesta. De existir grietas, segregación, cangrejas o cualquier otra anomalía NO SE DEBE TENSAR y se debe notificar la anomalía al responsable del proyecto para proceder a realizar las reparaciones necesarias.
- Verificar que el cable se encuentre perpendicular al anclaje y que el anclaje esté paralelo a la cara del concreto. Informar al responsable del proyecto si cualquiera de estos elementos está fuera de alineación.
- Remover el exceso de grasa y cualquier polvo, arena o pasta de concreto que se encuentre en la cola del cable. No es necesario lavar la cola de cable.
- Instalar, en forma definitiva, el par de cuñas correspondientes. Asegurarse que la orientación de las cuñas sea tal que la nariz del gato pueda apoyarse completamente en ambas mitades de la cuña (esto se consigue uniendo verticalmente las dos cuñas).
- Asentar firmemente las cuñas en la cavidad con un acuñador.
- Usar un dispositivo para establecer una dimensión de referencia constante desde la cara del borde del concreto. Usar pintura en aerosol (spray) para establecer el punto de referencia de las medidas de la elongación. Si existiera tensado en los dos extremos del cable, es importante marcarlos antes de iniciar el proceso de tensado. No sobrepinte, pues no se obtendrá una marca muy precisa.
- Asegúrese de que el equipo esté limpio, especialmente en el área de las cuñas y la nariz del gato. Conecte todas las mangueras entre la bomba y el gato hidráulico e instale el manómetro.

- Encender la bomba y realizar la operación de sacar y meter el pistón para verificar que la bomba no tenga pérdidas, y que la nariz acuñadora esté funcionando correctamente (evitar sacar el pistón hasta el fondo).
- Verificar la calibración del equipo para dar la presión adecuada al cable. La presión del equipo no debe ser superada durante la operación de tensado, salvo autorización del responsable de proyecto. La presión del manómetro de la bomba debe traducirse en fuerza del tendón, lo cual generalmente viene proporcionado por una tabla de conversión automática.
- Tensar los cables según lo indicado en el proyecto, medir la elongación obtenida, comparar la elongación teórica versus la elongación obtenida y registrar los valores en los registros de calidad correspondientes. Si existiesen variaciones entre las elongaciones teóricas y las obtenidas por sobre las tolerancias permitidas, el tensado debe cesar hasta determinar las causas que las originan. El personal que realiza el trabajo de tensado deberá permanecer fuera de la línea del cable que está siendo tensado. Nunca se deberá permitir que alguien se pare en la vecindad del gato o entre el gato y la bomba mientras se tensa.
- El gato y la bomba deberán fijarse a un elemento, para prevenir que el equipo sea expulsado fuera de la construcción en caso fallase un cable durante el tensado. Esto se debe cumplir cuando se trabaja sobre andamios y/o en el perímetro exterior de los edificios. Asegurar la nariz de acuñamiento esté retraída. Abrir las cuñas del gato empujando hacia atrás la porta mordazas.
- Fijar el gato sobre el cable a ser tensado y empújelo hasta que la nariz del gato descansa sobre el anclaje. Nunca intente arreglar la posición del gato, ya sea golpeando con martillo o empujándolo una vez que se le ha impreso carga al equipo. Remueva el gato y reposicione si es necesario.

- Empujar las mordazas hacia adelante para enganchar el cable asegurando. Las mordazas deben estar paralelas y el cable debe estar en la posición correcta de acuerdo a las mordazas.
- Si la elongación del cable es mayor que la carrera del pistón, se debe llevar a cabo estiramientos adicionales. Se debe tener el cuidado de no abrir completamente el gato en el primer estiramiento. Cuando usamos un gato de 20 cm de carrera, tratar de dejar, aproximadamente, 15 cm para la última estirada.
- Después de retirar el gato del cable, colocar el dispositivo de marca apoyado en la superficie del concreto, medir la distancia entre el borde del dispositivo y la marca de referencia lo más preciso posible y anotar en el registro de calidad de tensado. Esta distancia será la “elongación real obtenida del cable”. Esta elongación deberá ser comparada con el valor teórico indicado en los planos.
- Verificar las elongaciones. Cuando se tenga tensado en ambos lados, sumar las elongaciones de ambos extremos para obtener la elongación total. Las elongaciones deberán estar dentro del $\pm 7\%$ de los valores mostrados en los planos (salvo indicación contraria en el proyecto). La medición de la elongación deberá ser lo más precisa posible.
- Tensar la totalidad de los cables disponibles, luego medir la elongación obtenida. Si están bajo la tolerancia, aplicar el 5% de sobrecarga a los que están bajos e indica en el reporte de tensado. Si los resultados exceden la tolerancia indicada ($\pm 7\%$), NO TENSE más los cables hasta que se identifique el problema y sea corregido. Se deberá llevar registro de todo el proceso de tensado el cual debe ser conservado junto a la documentación relevante de la obra. Este registro debe ser validado por el ingeniero de proyecto. Para solicitar su aprobación. Cortar las colas.

d) Desencofrado de la losa postensada adherida

El desencofrado y descimbrado o puntales deben permanecer en obra hasta que se complete la operación de tensado. Los encofrados laterales de losas y vigas podrán retirarse antes de la puesta en tensión. Las cimbras pueden retirarse en su totalidad inmediatamente después del tensado, a menos que el fraguado vaya a recibir cargas adicionales procedentes de la construcción de plantas superiores. En tal caso, puede proceder a un clareado (retirado el 50% de los puntales). El descimbrado del resto de los puntales puede hacerse cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia para resistir las cargas de construcción. Generalmente ella ocurre entre los 7 y 14 días.

El corte de los excesos de la armadura activa, cuando estén a los 30cm sobresalientes necesarios para el tensado de los cables, aunque el forjado esté vaciado, habrá que prohibir los equipos antes citados en esas zonas.

La protección de los anclajes es importante puesto que es la parte sobresaliente de los tendones (requeridos para el tensado), una vez anclados, se cortarán con sierra radial a tope de la culata del anclaje. Se colocará grasa u hormigón y se enroscará una tapa. Nunca se efectuará el corte con soldadura. Los cajones de anclaje se vaciarán para que queden protegidos los anclajes.

2.2.7 Procedimiento de inyección para losas postensadas adheridas

Se describirá el procedimiento general para la operación de inyección de lechada en ductos de postensado.

Los materiales que se emplearon en la confección de la lechada, y las precauciones durante la inyección deberán cumplir las disposiciones de las Normas ASTM.

Los principales objetivos para este procedimiento son:

- Disminuir la corrosión del acero de pretensado llenando completamente todas las cavidades con lechada de cemento.

- Lograr una adherencia efectiva entre el acero para pretensado y el concreto.

a) Materiales

Como indicación general, todos los productos de inyección deberán estar exentos de cualquier sustancia que pueda provocar algún perjuicio para los cables, el propio material de inyección o el concreto, tales como cloruros, sulfuros, nitratos etc. Los productos básicos para la inyección adherente conlechada de cemento serán CEMENTO, AGUA y ADITIVOS.

- El tipo de cemento que debe ser usado en la lechada de inyección debe ser cemento SOL Tipo I. Es aconsejable el empleo de cementos que no posea una alta resistencia inicial, ya que reduce notablemente el tiempo de utilización. El suministro del cemento debe realizarse en bolsas de 42,5 kg. El suministro no puede ser a granel ya que complica de manera excesiva la operación y productividad de los trabajos; sin embargo, jamás deberá ser utilizado en el caso que llegue desde fábrica con temperatura elevada, ya que complicaría la trabajabilidad de inyección de la mezcla.
- El agua para la lechada no requiere suministro de altas presiones, pero sí con la suficiente abundancia para mantener el ritmo de trabajo y poder efectuar la limpieza de equipos y conductos. Si no se dispone del suministro de agua potable continua, se deberán instalar depósitos provisionales realimentados, periódicamente, de tal forma que siempre se disponga de reserva suficiente para media jornada de trabajo continuo.
- Existen en el mercado aditivos para lechadas de inyección destinados a mejorar la facilidad de la puesta en obra, reducir la tendencia a la decantación, controlar la reducción volumétrica de la lechada y provocar expansiones controladas. El empleo o no de estos, el tipo, sus combinaciones y la dosificación de ellos se definirá de forma previa a las operaciones propias de la inyección, siguiendo siempre las indicaciones del fabricante

b) Dosificación

Las dosificaciones están respaldadas por ensayos previos, que satisfacen todos los requerimientos establecidos en el procedimiento de inyección de lechada. Cualquier cambio en la dosificación implica una nueva realización de todos los ensayos.

El siguiente cuadro es un ejemplo de una dosificación de 0.35 A/C, que es comúnmente usada.

Tabla 6. Dosificación a/c 0.35

DOSIFICACIÓN TIPO	TIPO DE CEMENTO	RELACIÓN AGUA / CEMENTO	% DEL ADITIVO (En peso)	DOSIFICACIÓN		
				Cemento	Agua (Litros)	Aditivo
A	Sol Tipo I	0,35	0,02 %	1 bolsa	15	Eucospan
			1,70 %			Noeplast 200 HP

Fuente: VSL, Perú. Manual de Inyección de Lechada en los cables postensados

Para generar la mezcla, se procede de la siguiente manera:

- Introducir en la Máquina Inyectora la cantidad de agua requerida.
- Encender y poner en funcionamiento la Máquina Inyectora.
- Añadir el aditivo y la bolsa de cemento completa.
- Mezclar aproximadamente 5 minutos.

c) Procedimiento Inyección de lechada en los cables

- Aprobados los registros de elongaciones obtenidos en el proceso de tensado, se cortan los cables (se debe dejar a lo menos 20 mm de cable más allá de la cuña), luego se sellan los nichos de anclaje con un mortero rígido (razón arena/cemento 2:1 o especificaciones especiales del proyecto). Los ductos deberán estar libres de polvo, materias extrañas y agua que pudiera modificar la composición de la lechada, para verificar esto, se inyectará aire a presión a los ductos antes de inyectar la lechada

para asegurarse que no estén bloqueados. Se verificará que no existan fugas en zonas que no sean las de inyección y despiche. Si se presentase alguna fuga de aire en otro punto, se deberá sellar antes de iniciar la inyección.

- El equipo de inyección de lechada de cemento consiste en una batibomba, es decir, un equipo compuesto por batidoras o mezcladoras y una bomba de inyección. Estos dos componentes pueden estar separados o unidos en un mismo conjunto compacto, pero con motores y manejo independientes para poder mantener por un lado la lechada en movimiento y por otro, la acción de inyectar mezcla. Se debe revisar y lavar el equipo de inyección, este debe estar libre de incrustaciones de cemento y también se debe revisar el sellado de las conexiones.
- El cemento y el aditivo deben ser colocados en la inmediata vecindad del equipo de inyección y estar protegidos de la humedad (salpicaduras de la mezcladora, lluvia, etc.). El suministro de agua debe estar asegurado, si es necesario por medio de un estanque. El agua debe ser potable.
- El equipo debe ser ubicado lo más cerca posible de las conexiones de manera de suprimir pérdidas innecesarias en las tuberías. Las diferencias de nivel entre mezcladora y la conexión deben ser evitadas.
- Se prepara la lechada en la bomba/mezcladora, vertiendo en ella el volumen de agua, cantidad de cemento y aditivos requeridos según la dosificación, luego se deben mezclar hasta que se forme una mezcla uniforme (tiempo aproximado de 4 minutos). El control de presión durante el inyectado se hará con un manómetro de rango no menor a 200 PSI (16 bares) ubicado en la bomba.
- Después de haber obtenido la mezcla adecuada, el proceso de inyección puede ser iniciado. Para cables con protección de fábrica contra la corrosión, se recomienda inyectar durante los 75 días siguientes a la fecha de tensado del cable; si el cable, en toda su longitud, queda

expuesto a la intemperie durante un período mayor a 60 días, éste deberá ser protegido con una nueva capa de aceite soluble.

- La inyección solo podrá ejecutarse cuando la temperatura del aire y de la estructura sean mayores que 5° C, y menores que 35°C, para lo cual si es necesario, se debe ejecutar por las mañanas o por las noches. Se debe chequear que los ductos de inyección y despiches intermedios estén abiertos. Se recomienda que la inyección de los ductos comience desde la zona de ductos de menor altura. En caso de que se presenten fugas de menor importancia, se tapaná con la misma lechada mortero al momento de la inyección. En caso de que se presenten pérdidas importantes de lechada, se limpiará el ducto con agua y repararán las fugas u obstrucciones. En este caso, se volverá a hacer las pruebas más tarde.
- Se inyecta hasta que la lechada salga por cada despiche con las mismas propiedades que sale de la mezcladora (homogénea y sin burbujas) y no se observe interrupción en la salida de la lechada (aire atrapado) en forma secuencial a lo largo del ducto. Estos tubos de salida van cerrándose herméticamente a medida que van cumpliendo con esta condición (tuberías de polietileno se doblan y se amarran con alambre corriente. Una vez cerrado el último despiche, se deberá mantener la presión según se indica en la siguiente tabla.

Tabla 7. Tiempo para mantener la presión de lechada

PRODUCTO	PRESIÓN A MANTENER (bar)	TIEMPO (Seg)
LPT Bontec	4	10 - 15
F 16	4	45 - 60
Multitorón	7	60 - 90

Fuente: VSL, Perú. Manual de Inyección de Lechada en los cables postensados

- Deberá disponerse durante todo el proceso de inyectado de polietileno y tarros en la zona de mangueras para inyección y despiche, para evitar

que la lechada ensucie la superficie de la losa. Solo 24 horas después de la operación de inyección, se pueden cortar las mangueras de despiche a ras de la losa de concreto.

2.2.8 Concepto de calidad

La calidad se puede definir como la cualidad de un hecho o de un producto que nos produzca alguna clase de satisfacción personal. Muchos autores la han expresado de diferentes maneras, por ejemplo Joseph Juran (1974) señala que la calidad es la adecuación para el propósito o uso, Edwards Demming (1989) describe que la calidad debe ser orientada hacia las necesidades del consumidor, presentes y futuras, Feígenbaum (1940) afirma que la resultante total de las características del producto y servicio, en cuanto a mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento, por medio de la cual el producto o servicio en uso cumplirá las expectativas del cliente y Philip Crosby (1980) expresa que la calidad es cumplir con los requisitos.

Al referirnos a algo como de buena calidad, es porque ese servicio o producto cumple con el propósito para el cual fue creado, es decir, que es adecuado para su uso.

La calidad es un proceso que inicia con el conocimiento de las necesidades de los clientes a través de la oferta de servicios y/o productos que satisfagan esas necesidades; el cliente debe ser la preocupación principal y el objeto de todo el proceso.

La calidad y la eficiencia son las condiciones más importantes para mejorar el trabajo y, a su vez, la productividad, es decir:

Aseguramiento de la calidad + Alta eficiencia = Alta productividad.

2.2.9 Funciones de la calidad

Cava (2009) señala que el logro de la calidad requiere desempeñar una amplia variedad de actividades o tareas. Para esto, se debe transmitir a través de procesos organizacionales las condiciones de calidad

que el cliente demanda, para que cada proceso pueda contribuir al aseguramiento de estas características a través de la función de la calidad. Todo el personal de una organización debe entender lo que es realmente importante para los clientes y trabajar para cumplirlo.

La calidad comprende también técnicas y actividades destinadas a la supervisión y mejora de un proceso, eliminando las causas insatisfactorias de todo el ciclo. Por otra parte, es necesario que la gerencia se preocupe de adaptar sus estrategias y acciones, para favorecer y consolidar su rol en pro de la calidad y productividad de la empresa, para que se cumplan las metas en función de los objetivos establecidos.

Dentro de las principales funciones de la calidad podemos encontrar:

- Generar una rentabilidad a la empresa.
- Beneficios para los empleados.
- Beneficios para las organizaciones.
- Beneficios para los clientes.
- Beneficios para la sociedad.

2.2.10 La calidad en la construcción

Para Gómez (2013) la construcción es uno de los aspectos donde se hace crítica la relación planificación-resultados de los trabajos de ejecución de proyectos. Para muchas personas pasan inadvertida tal relación, ya que están acostumbrados a no evaluar la magnitud de sus resultados.

Si se inician acciones orientadas a cuantificar los resultados de los trabajos; se aplicará un mejor control de calidad.

Como resultado se obtendrá la “data”, la que si no es aprovechada, no permitirá la retroalimentación al sistema.

Los problemas de calidad son aquel escenario en el cual se detecta el incumplimiento de los requisitos de calidad; es decir, se hace evidente la no conformidad. Este hecho es sumamente importante ya que de no ser detectada la no conformidad, podría pasar inadvertida; es aquí donde radica el problema y cuanto más tarde sean detectados, el costo del reproceso será mayor.

Evidentemente, las características de los problemas indican que las evidencias detectadas se originan por la ejecución de un proceso, en forma no adecuada en su momento y por la detección no oportuna; por tanto, en su momento pasó inadvertida.

Cuando el problema es latente y no potencial, se debe actuar; por tanto se elegirá el uso de las herramientas de calidad, que faciliten identificar la naturaleza y características del problema; esta acción permitirá definir acciones específicas de mejoramiento de la calidad, con lo cual se podrá eliminar la causa del problema.

Los problemas de calidad son mostrados por los resultados de las encuestas y la exhaustiva revisión de todos los procesos de un proyecto. Si se tuviera que tratar un problema, se tendría que actuar primero, jerarquizando los problemas, después analizar las causas del problema más importante.

Analizar los procesos que más probablemente puedan originar el problema, luego elaborar el diagrama de flujo habitual del trabajo, diseñar el diagrama de flujo mejorado, también elaborar y/o revisar el procedimiento escrito, incorporando los resultados de la aplicación de las herramientas de calidad.

Asimismo, implementar el nuevo procedimiento, que tendrá el diagrama de flujo mejorado y los registros de calidad y por último, monitorear los resultados y comprobar las medidas de mejoramiento.

2.2.11 Control de Calidad en la ejecución con losas postensadas adheridas

Como corresponde a cualquier obra postensada con resistencia del concreto superior a 25 MPa. En cuanto al control de ejecución, se deberá:

- Conocer la resistencia del concreto a los 3, 7 y 28 días para poder determinar el momento de tesado.
- Controlar el vaciado y el vibrado del mismo.
- Controlar la operación de tesado.

En cuanto a los controles de calidad por realizar a los elementos que forman los tendones de postensado, deben estar orientados a verificar que tanto la geometría, como las características mecánicas de cada elemento, son las especificadas en los manuales técnicos u homologaciones del sistema de postensado.

Los controles geométricos muestran que la geometría de las piezas que conforman el tendón, están dentro de las tolerancias descritas por el sistema, y que, por tanto, durante el montaje del anclaje o de la vaina, todas se acoplarán de acuerdo con lo previsto. Para las piezas estructurales del tendón (que anclan los cordones a la estructura), además de su geometría, se controlan las características mecánicas de sus materiales, ya que su resistencia es fundamental para el buen funcionamiento de la estructura y del propio sistema de postensado.

Una de las tareas más importantes e indispensables para la valoración de la calidad de la lechada de inyección, es la obtención de muestras para evaluar su resistencia. Un error, en este punto, hace que los resultados de los ensayos sean poco representativos y no evidencien las características reales de la lechada de inyección que se quiere ensayar.

Cuando las muestras se toman en obra siguiendo las normas correspondientes, se llegará a los resultados esperados. La falta de cuidado al tomar las muestras no reflejará la calidad de la lechada de inyección que se está ensayando. La frecuencia de muestreo para el proceso de inyección está definida en el plan de calidad, seguridad y medioambiente que se genera para cada proyecto.

La siguiente tabla resume los ensayos que deben ser elaborados en el proceso de inyección.



Tabla 8. Tabla de ensayos para la inyección de lechada.

ENSAYO	FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN Y NORMA APLICABLE	RANGO DE ACEPTACIÓN
Prueba de aire	Previo a cada inyección de lechada	Los ductos no deben estar obstruidos.	En caso que estén obstruidos, se deben identificar y destapar
Instalación correcta de despiches, dosificación correcta, control de temperatura y presión	Cada día de inyección de lechada	Verificar la instalación correcta de despiches, dosificación correcta, control de temperatura y presión Los ductos que van siendo inyectados, se deberán identificar en los planos de obra, pero deben ser actualizados en el registro al término de la jornada.	Lo descrito en este manual
Fluidez	Cada día de inyección de lechada	Cono de Marsh definido en ASTM C939-02 El volumen de ensayo corresponde a 1725 ± 5 mm. (Ver nota en página siguiente).	15 – 43 segundos
Resistencia de Lechada de Inyección	Según plan de calidad de la obra	Se llevará a cabo de acuerdo a la Norma ASTM C942-99. Se ensayarán probetas cúbicas de 5 cm. La muestra de lechada debe ser extraída a la salida de la bomba, no en el depósito para la mezcla.	<ul style="list-style-type: none"> • A los 7 días, R7: 200 kg/cm². • A los 28 días, R28: 350 kg/cm².
Expansión	Al momento de definir una dosificación	Se llevará a cabo de acuerdo a la Norma ASTM C940-98 ^a . Se utilizarán recipientes de 1.000 ml, graduados cada 10 ml, y se registran los volúmenes requeridos	-2% ; +5%
Exudación	Al momento de definir una dosificación	Se llevará a cabo de acuerdo a la Norma ASTM C940-98 ^a . Se utilizarán recipientes de 1.000 ml, graduados cada 10 ml, y se registran los volúmenes requeridos	< 2%

Fuente: VSL, Perú. Manual de Inyección de Lechada en los cables postensados

2.2.12 Problemas y soluciones en el sistema postensado adherido.

En el procedimientos de tensado de los cables pueden surgir diversos problemas, a continuación se detallarán los problemas más comunes que ocurren en obra durante el proceso constructivo y las sugerencias de solución en el Sistema de losas Postensadas adheridas.

a) Cuñas:

En caso de que se detecte algún deslizamiento de cuña, que el gato esté atrapado, cangrejas (bolsas de piedras, de arena o segregación), reventones (falla del concreto durante el proceso de tensado) o corte de cables durante el tensado, NO TENSAR POR NINGÚN MOTIVO e inmediatamente, informar al responsable del Proyecto.

El agrietamiento de cuñas es común al momento del tensado. Las líneas de fisura normalmente aparecen en la cara expuesta de la cuña, debido a la deformación de estas alrededor del cable al momento de tensar lo que se considera normal.

b) Cables cortos:

Existen cables demasiados cortos para usar en el procedimiento normal de este sistema, por diversos motivos como el resultado de errores de fabricación, errores en su colocación o bien el resultado de un mal trabajo en obra, es decir, por ejemplo, cortar el cable antes de ser tensado. Deberá disponerse de las herramientas necesarias para corregir la longitud del cable.

Los cables pueden encontrarse demasiado cortos y no alcanzan a llegar al encofrado de friso correspondiente debido a una mala fabricación o errores en su colocación. Si el cable está involucrado solo en un vaciado y no continúa, de preferencia reemplazar dicho tendón sin necesidad de utilizar una copla. Si se necesitara reparar un cable cortado o proyectar a futuro una losa ejecutada dándole continuidad a esta, la copla es necesaria. El supervisor deberá solicitarla e informar al responsable del proyecto quien deberá determinar la ubicación de la copla de manera que este centrada en el espesor de la losa y no en cualquier punto de la curvatura del cable.

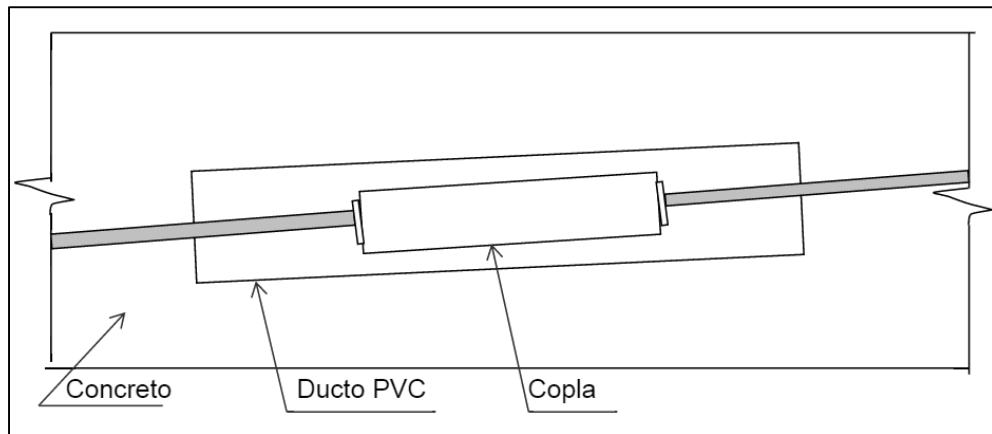


Gráfico 15. Detalle Típico de Copla

Fuente: VSL, Perú. Manual de Instalación de Cables de tendido en Losas

Se debe usar dos conos engrasados colocadas a ambos extremos del conducto como manera de impedir que se le introduzca lechada a la copla al momento de vaciar. El cable original se deberá cortar con esmeril angular en el extremo a ser empalmado colocándole allí un cono y la copla a usar. Se deberá usar un conducto de PVC para envolver la copla. Este debe ser de un diámetro interior mayor a la copla y de un largo tal que permita el deslizamiento de la copla en su interior; utilizando además un trozo de cable enfundado para alcanzar el borde desde donde se desee tensar. Se coloca el conducto de PVC para posteriormente, colocar el otro cable con su cono en la copla.

Después de esto, se sella bien el conjunto de tal forma que no queden huecos por donde penetre la humedad y lechada de concreto. La localización de la copla respecto al conducto de PVC debe permitir el libre movimiento de la copla hacia el extremo del tendido.

c) Elongación de cables

La elongación errónea es otro inconveniente que sucede al no tomar las siguientes previsiones:

- Procedimiento inadecuado de marca en el cable
- Lectura inadecuada del manómetro
- Procedimiento de tendido impropio
- Pérdida de asentamiento excesiva

- Mal funcionamiento del equipo
- Fricción excesiva del cable en la losa
- Colocación inadecuada de las cuñas
- Desechos o pasta de concreto en la cavidad de asentamiento de las cuñas
- Mordazas del gato sucias
- Mordazas en gato no alineadas
- Excesiva elongación puede reflejar baja fricción o coeficiente de excentricidad bien sobre tensado del cable

d) Equipo de tensado

La limpieza es la clave para minimizar las fallas en los equipos. Cualquier tipo de arena, basura, arenillas, u objeto extraño que ingrese al interior de la bomba o el gato puede causar un daño irreversible. Cuando el equipo no se encuentre en uso, éste debe guardarse en un lugar limpio y seco donde la posibilidad de daño sea mínima.

- Si el gato no logra extenderse o retraerse, verificar que todos los fitting se encuentren bien cerrados, a menos que esos fitting estén completamente cerrados, las dos válvulas de bola en los acoples rápidos no se encuentran deprimidas entre ellas y, por tanto, el flujo de aceite no puede tener lugar. Revise que no estén bloqueadas las líneas de avance y retroceso. Revisar las válvulas en los acoples para asegurarse que estén funcionando. Esto se puede lograr presionándolas con el dedo, lo cual hará que se deslicen hacia adentro y hacia fuera del fitting.
- Si el gato presenta filtración asegurar que la filtración no se produzca en los acoples. Si fuese así remover los acoples, limpiar cuidadosamente, y volver a colocarlos utilizando para ello cinta de teflón alrededor de su hilo. Si el gato posee pérdidas internas, determine dónde se originan. Una pérdida interna indica normalmente el vencimiento de los sellos y estos deberán ser reemplazados por el equipo de mantenimiento.
- Si el gato no agarra los cables o bien los daña en la cercanía de las mordazas, esto indica que ellas no están lo suficientemente alineadas

(una mitad puede estar desplazada respecto a la otra, lo cual puede causar el apriete del cable al centro). Se debe girar el gato sacar las mordazas retirando para ello las placas que las sustentan. Manualmente realinee las mordazas y reposiciónelas nuevamente con las placas y tornillos de soporte. Si el gato no agarra el cable, es probable que los dientes de las mordazas se encuentren sucios con grasa y polvo. Remer las mordazas y límpielas con un solvente apropiado. Reemplazar las mordazas una vez aplicada la grasa grafiada que se posee para tales efectos. Si aun así las mordazas fallan, reemplácelas por un juego nuevo.

- Si existen pérdidas por asentamiento mayores a 6mm la principal causa es la penetración de pasta de cemento en la cavidad de la cuña durante el vaciado, principalmente debido a que no se instaló el Cono en forma correcta. Esta pasta no deja que las cuñas penetren hasta el fondo de la cavidad en el anclaje. Si esto ocurre, destense el cable y retire las cuñas. Usando un pequeño punto o alambre remueva toda la lechada que pueda existir entre el cable y la cavidad del anclaje. Reemplace las cuñas por un juego nuevo y re-tense. Si esto no corrige el problema, dé vueltas el gato, ponga el control de la válvula en la bomba en la posición de retorno y revise que el pistón de asentamiento trabaja correctamente.

Con el gato en esta posición verifique también el avance de la nariz de asentamiento. La nariz de asentamiento debe deslizarse más allá que la nariz propia del gato. Si los pistones del asentamiento no están funcionando o si la nariz de asentamiento se encuentra muy gastada o no se desplaza correctamente, es un problema directo de mantenimiento del equipo.

Si el equipo no alcanza la presión del tensado recomendada en los cálculos de diseño verifique el nivel de aceite en el estanque. Labomba es capaz de operar correctamente hasta con 1galón (4 litros) de aceite, aun cuando su capacidad es de 2 galones (8 litros). Si el nivel de la

bomba está bajo, solicite aceite especificado para hacer el recambio completo.

- Si el regulador de presión de la bomba requiriese algún ajuste, llamar al personal capacitado para este reajuste. Cualquier pequeño desajuste puede originar un aumento o disminución importante en la presión de la bomba.
- Si el manómetro no marca, verifique que los fitting se encuentran completamente ensamblados y firmes y que las uniones están limpias de cualquier basura.
- Si la aguja del manómetro se mantiene pegada en una posición distinta al cero, puede significar que existe aire atrapado en el manómetro. Presione la bola de su acople; si la aguja vuelve a cero continúe tensando en caso contrario dé aviso a su superior.

2.2.13 NTP (Norma Técnica Peruana), E060

a) Calidad del concreto, mezcla y colocación - NTP, E060:

En el capítulo 5 de la Norma Técnica Peruana, se establecen ciertos criterios y parámetros respecto a la calidad del concreto. También se indica que el concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión, f'_{cr} y debe satisfacer los criterios de durabilidad.

Los requisitos para f'_{c} deben basarse en ensayos de probetas cilíndricas, confeccionadas y ensayadas. Se considera como un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_{c} . La resistencia mínima del concreto

estructural, $f'c$, diseñado y construido de acuerdo con esta Norma no debe ser inferior a 17 MPa.

b) Encofrado, tuberías embebidas y juntas de construcción - NTP, E060:

Otro punto que se considera es el capítulo 6 de la Norma Técnica Peruana en donde se establecen ciertos puntos a tomarse en cuenta como es el caso de los encofrados. Estos según esta norma permiten obtener una estructura que cumpla con los perfiles, niveles, alineamientos y dimensiones de los elementos según lo indicado en los planos de diseño y en las especificaciones.

Los encofrados para elementos de concreto presforzado no deben ser removidos hasta que se haya aplicado suficiente preesfuerzo para permitir que el elemento soporte su propio peso y las cargas de construcción previstas

Para determinar el tiempo de desencofrado deben considerarse todas las cargas de construcción y las posibles deflexiones que estas ocasionen. Debe considerarse que las cargas de construcción pueden ser tan altas como las cargas vivas de diseño y que, a edades tempranas, una estructura de concreto puede ser capaz de resistir las cargas aplicadas, pero puede deformarse lo suficiente como para causar un daño permanente en la estructura.

Otro punto importante dentro de este capítulo son los requisitos que se deben cumplir en la construcción de losas, excepto cuando se construyan apoyadas sobre el terreno, las que se mencionan a continuación:

Con anterioridad al inicio de la construcción, el constructor debe definir un procedimiento y una programación para la remoción de los apuntalamientos, para la instalación de los re apuntalamientos y para calcular las cargas

transferidas a la estructura durante el proceso. Debe considerarse lo siguiente:

- a) El análisis estructural y los datos sobre resistencia del concreto empleados en la planificación e implementación del desencofrado y retiro de apuntalamientos deben ser entregados por el constructor a la supervisión cuando esta lo requiera.
- b) Solamente cuando la estructura, en su estado de avance, en conjunto con los encofrados y apuntalamientos aun existentes tengan suficiente resistencia para soportar de manera segura su propio peso y las cargas colocadas sobre ella, podrán apoyarse cargas de construcción sobre ella o desencofrarse cualquier porción de la estructura.
- c) La demostración de que la resistencia es adecuada debe basarse en la resistencia del sistema de encofrado y la del concreto. La resistencia del concreto debe estar basada en ensayos de probetas curadas en obra o, cuando lo apruebe la supervisión, en otros procedimientos para evaluar la resistencia del concreto.

2.3 Mapa conceptual

- **Concreto:**

Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

- **Concreto estructural:**

Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado

- **Concreto armado o reforzado:**

Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, presforzado o no.

- **Losa:**

Elemento estructural de espesor reducido respecto de sus otras dimensiones usado como techo o piso, generalmente horizontal y armado en una o dos direcciones según el tipo de apoyo existente en su contorno. Usado también como diafragma rígido para mantener la unidad de la estructura frente a cargas horizontales de sismo.

- **Pretensado:**

Método en el cual el acero de presforzado se tensa antes de la colocación del concreto

- **Postensado:**

Método de presforzado en el cual el acero de presforzado se tensa después de que el concreto ha endurecido

- **Concreto presforzado:**

Es aquel concreto estructural en el que han sido introducidos esfuerzos internos de tal magnitud y distribución que los esfuerzos resultantes de las cargas externas dadas se equilibran hasta un grado deseado.

- **Resistencia requerida:**

Resistencia que un elemento o una sección transversal debe tener para resistir las cargas amplificadas o los momentos y fuerzas internas correspondientes, combinadas según lo estipulado en esta Norma.

- **Tipo BA:**

Alambre destinado a usarse en anclaje de cabeza recalcada, donde los extremos son deformados en frío para la formación de tales cabezales de anclaje.

- **Tipo WA:**

Alambre usando en aplicaciones donde los extremos son anclados por cuñas y no existe deformación en frío de cabezales de anclaje.

- **ASTM (American Society for Testing Materials):**

Controla la calidad y métodos de prueba de materiales del acero.

- **Anclaje:**

Dispositivo usado para anclar el acero de postensado a los elementos de concreto.

- **Anclajes activos:**

Es aquel anclaje que recibe el gato en el momento de la puesta en tensión del tendón.

- **Anclajes pasivos:**

Es aquel anclaje situado en el otro extremo del tendón, en el no está previsto dar tensión por lo que queda embebidos en el concreto.

- **Anclajes intermedios:**

Utilizados cuando solo un tramo del tendón se pone en tensión. Aseguran un anclaje temporal antes de la nueva puesta en tensión del tendón en toda su longitud.

- **Sistema no adherido:**

Sistema de postensado en que el cable está permanentemente libre de movimiento relativo respecto al concreto al cual este le va a aplicar las cargas de postensado, debido a la grasa y funda que posee.

- **Sistema adherido:**

Sistema de postensado en el cual el cable se postensa y cuyo ducto es inyectado con lechada de inyección, permaneciendo adherido completamente a la masa de concreto que conforma el elemento.

- **Acero para postensado:**

Cable de alta resistencia usado para concretos pretensados. Consta de 7 hebras conforme a la norma ASTM A-416, salvo indicación contraria en el proyecto.

- **Ducto-funda:**

Cubierta en la cual el acero de postensado es colocado para prevenir la adherencia durante la colocación del concreto y, en el caso de cables que permanecen no adheridos, proteger la grasa que inhibe la corrosión y provee aislación del cable a la humedad en ambientes corrosivos.

- **Lechada de inyección:**

Pasta cementicia utilizada para lograr el monolitismo entre concreto y cable, inyectada a través de los puntos superiores del ducto. Esta lechada está compuesta principalmente de agua, cemento, expansor y en algunos casos, un aditivo fluidificante. Se utiliza sólo para el sistema adherido.

- **Grasa:**

Material usado para proteger el cable de la corrosión y/o lubricar el acero de postensado. Se utiliza solo para el sistema no adherido.

- **Cono:**

Dispositivo plástico temporal usado en conjunto con el anclaje durante el vaciado del elemento con el objeto de dejar la abertura necesaria en el concreto donde se introducirá el equipo de tensado.

- **Gato:**

Gato hidráulico usado para tensar cables.

- **Copla:**

Dispositivo para unir extremos de acero para postensado.

- **Vaciado:**

Es aquella acción de colocar la mezcla del concreto para diferentes elementos estructurales.

- **Fraguado:**

Acción de endurecimiento de la mezcla de concreto.

- **Encofrado:**

Armazón formado por un conjunto de planchas metálicas o de madera convenientemente dispuesta para recibir el concreto que, al endurecerse, forma las paredes de los edificios construidos con este material.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Al optimizar los registros de calidad existe mayor control en los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones. Caso: Edificio para Oficinas JP.

2.4.2 Hipótesis específicas:

- Al optimizar los registros de calidad se evitan los problemas de deflexiones y fisuras en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.
- Al optimizar los registros de calidad se evitan los atrasos por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.
- Optimizar los registros de calidad se evita los gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.



CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Tipo de la investigación

La presente tesis se califica como una investigación metodológica **cualitativa-cuantitativa** de tipo **descriptiva**.

Es **cualitativa**, debido a que se utilizarán técnicas de investigación en los registros de calidad para un control en el proceso constructivo con losas postensadas adheridas y **cuantitativa** por que se analizarán diferentes aspectos que pueden ser fácilmente medibles y cuantificables; enmarcados en métodos y herramientas de investigación.

Tipo de investigación descriptiva puesto que su propósito es especificar los eventos transcurridos en la ejecución del proceso constructivo. En donde se menciona los resultados de una mala ejecución identificando los factores causantes de esta mala praxis.

3.2 Nivel de la investigación

La investigación es de nivel explicativo - descriptiva. Su finalidad es definir los lineamientos de los beneficios que dan como resultado la optimización en los registros de calidad para el correcto control en el proceso

constructivo con losas post-tensadas adheridas en edificaciones, problemas, alcances y reparaciones en las losas ejecutadas.

La investigación está basada en información de campo, reportes de indagación similares y demás documentos relativos a los procesos constructivos desarrollados con anterioridad.

3.3 Diseño de investigación

Los procesos desarrollados durante la ejecución del presente proyecto fueron observados en su campo natural, teniendo un diseño de investigación no experimental puesto que la información recolectada se brindó una sola vez en todo el proyecto. La unidad de análisis fue el proceso constructivo con losas postensadas adheridas.

Según la cronología de las observaciones, la tesis en estudio es retrospectiva, ya que se busca las causas de los problemas de un efecto que ya se presentó. Se cuenta con los datos recogidos con anterioridad,

Según el número de medición de la investigación es de **tipo transversal** ya que la tesis en estudio, se basa en un momento puntual, es decir, se aplicó a un solo caso de estudio.

3.4 Variables

La variable dependiente, en la presente investigación de tesis, es la propuesta de mejora de los registros de calidad, debido a que esta variable se medirá de tal manera de ver cómo la variable independiente influye en ella.

Ambas variables, tanto la dependiente como la independiente son de tipo cualitativo ordinal. Es cualitativa ya que son variables que no pueden ser medidas de manera numérica y es de tipo ordinal ya que para la aplicación de cada una se requiere de un orden o de pasos a seguir.

“Propuesta de mejora en los registros de calidad para el control del proceso constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones”

- **Propuesta de mejora de los registros de calidad:** variable dependiente de tipo cualitativa ordinal.
- **Proceso constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones:** variable independiente de tipo cualitativo ordinal.



3.4.1 Operacionalización de variables:

La Matriz de Consistencia Metodológica se encuentra en el Anexo I.

a) Operacionalización de variable independiente:

Tabla 9. Operacionalización de la variable independiente.

VARIABLE	INDICADORES	ÍNDICES	INTRUMENTOS	ITEMS
Proceso Constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones	PROBLEMAS DE FISURA Y DEFLEXIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Localizar el origen de los problemas de fisura y deflexión. -Colocación de cables en las alturas diseñadas - Alineación de cables - Levantamiento de observaciones prevaciado - Capacitación al personal <ul style="list-style-type: none"> - Apuntalamiento - Elongación de cables - Dosificación de lechada -Fijación de tubo de inyección - Inyección de lechada en cables - Presión manométrica del equipo de tensado 	Cuestionario	Del 1 al 11

Elaboración: Las Autoras

b) Operacionalización de variable dependiente:

Tabla 10. Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE	INDICADORES	INDICES	INTRUMENTOS	ITEMS
Pr op ue sta de	Re tra so por rep ara		Cuestionario	12

		Mayor tiempo requerido en la entrega del proyecto.		
		Retraso en las partidas secuenciales en instalación de acabados	Cuestionario	13
	Gastos adicionales por reparaciones	Costos adicionales del presupuesto general	Cuestionario	14
		Pago de penalidades a la inmobiliaria por retraso en cronograma de contrato de obra	Cuestionario	15
		Pagos adicionales por retrasos en las partidas secuenciales de acabados	Cuestionario	16

Elaboración: Las Autoras

3.4.2 Definición operacional de variables:

- **Proceso constructivo con losas postensadas adheridas en edificaciones**

Variable independiente cualitativa donde se describe la secuencia de ejecución

- **Propuesta de mejora de los registros de calidad**

Variable dependiente cuantitativa ya que puede ser expresado, numéricamente, a través de los costos y tiempo de ejecución.

3.5 Caso de investigación

En el presente caso de estudio, se nombrará Edificio para oficinas JP, ubicado en la Av. Javier Prado N°496 – San Isidro. El Edificio tiene un alcance de 10 sótanos y 27 pisos más la azotea. Los sótanos acogen los 682 estacionamientos, depósitos, rampas de ingreso vehicular, así como otros servicios. El primer piso alberga la entrada peatonal, sala común, casetas de vigilancia, comedor y otros servicios de uso común. Del piso 2° al 27° se desarrollan las oficinas, repartidas entre 1 a 3 oficinas por piso, dando un total de 60 oficinas todas conectadas por dos escaleras de circulación y 12 ascensores. Es un edificio de oficinas A+, con un área techada aproximada de 54,000.00 m². Aspira la certificación LEED Core and Shell.

El tipo de contrato es de suma alzada sin reajuste, dividida en dos etapas:

Primer etapa: S/ 9'292,837.47 + IGV, con plazo de ejecución de 7 meses.

Día 125: Excavación y muro anclado del 5° anillo 100% terminado

Día 238: Excavación y muro anclado del 9° anillo y excavación de cisterna y cuarto de bomba 100% terminado.

Segunda etapa: S/. 51'707,162.53 + IGV, con plazo de ejecución de 20 meses.

Día 350: Losa Piso3 y Ducto ascensores negativos 100% terminado

Día 395: Losa Piso8, para inicio instalación cristales del muro cortina

Día 450: Losa Piso15 y Ducto ascensores empresariales 100% terminado

Día 780: Cuarto máquinas, azotea y ducto ascensores corporativos y entrega equipos 100% operativos, tanto en sótanos como en la azotea (incluye cerramientos y acabados arquitectónicos). Entrega baños listos para su uso.

Día 810: Fin de obra (Conformidad de obra)

Monto total: S/. 61'000,000.00 + IGV



Gráfico 16. Vista 3D, Edificio para Oficinas JP
Fuente: Manual de Calidad del Proyecto Edificio JP

3.6 Técnicas de investigación

En la presente tesis se implementará la Estadística descriptiva debido a que se recolectó, ordenó, analizó y representará un conjunto de datos, en nuestro caso, los obtenidos de los protocolos o registros de calidad; con el fin de describir apropiadamente las características de este. Esta descripción se realiza mediante la construcción de tablas y gráficos (histogramas, gráficas de barras y circulares).

3.7 Instrumentos de recolección de datos

Luego de especificar el tipo de estudio, el diseño de la investigación y el caso de estudio seleccionado para el desarrollo de la presente tesis, se aplicó como instrumento cuestionario semi-estructurado que consta de ciertos

parámetros o normas que se deben cumplir al momento de realizar el control de calidad.



CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Contratación de hipótesis

4.1.1 Hipótesis general

Hipótesis alterna (H_a):

Al optimizar los registros de calidad **mejora el control** en los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones; Caso: Edificio para Oficinas JP.

Hipótesis nula (H_0):

Al optimizar los registros de calidad **no mejora el control** en los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones; Caso: Edificio para Oficinas JP

4.1.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1:

Hipótesis alterna 1 (H_1):

Al optimizar los registros de calidad, **se evitan** los problemas de deflexiones y fisuras en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones

Hipótesis nula 1 (H0):

Al optimizar los registros de calidad, **no se evitan** los problemas de deflexiones y fisuras en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones

Hipótesis específica 2

Hipótesis alterna 2 (H2):

Al optimizar los registros de calidad, **se evitan** los atrasos por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

Hipótesis nula 2 (H0):

Al optimizar los registros de calidad, **no se evitan** los atrasos por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

Hipótesis específica 3

Hipótesis alterna 3 (H3):

Al optimizar los registros de calidad, **se evitan** los gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

Hipótesis nula 3 (H0):

Al optimizar los registros de calidad, no se evitan los gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones.

4.1.3 Caso de Investigación

A continuación, se describen los alcances del proyecto en estudio.

a) Ubicación:

El edificio para Oficinas JP, se encuentra ubicado en la calle Javier Prado en la cuadra 49, distrito de San Isidro, provincia y departamento de Lima.

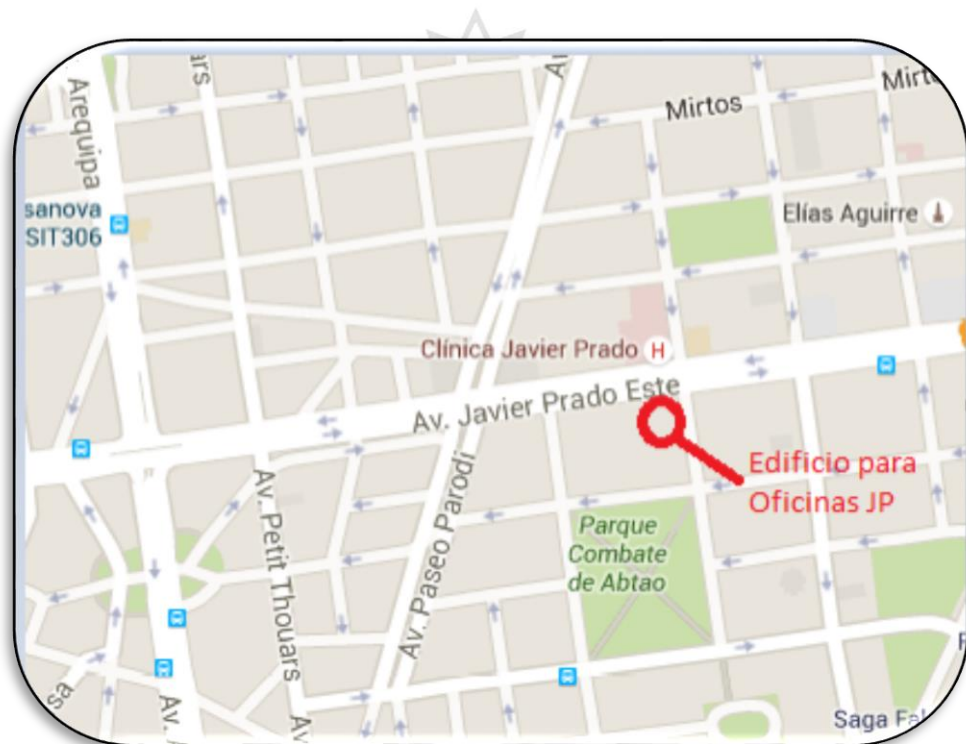


Gráfico 17. Ubicación del Edificio para Oficinas JP

Elaboración: Las Autoras

b) Área del terreno

El área del terreno es de 2,200.00 m² que delimita en dos de sus lados con calles principales, el otro lado, con edificios aledaños y el último lado con un terreno sin ninguna edificación.

c) Diseño arquitectónico

El alcance del proyecto consta de 10 sótanos, 27 pisos y una azotea. Los Sótanos acogen los 682 estacionamientos, depósitos, rampas de ingreso vehicular, así como otros servicios. El primer piso alberga la entrada peatonal, sala común, casetas de vigilancia, comedor y otros servicios de uso común. Del piso 2° al 27° se desarrollan las oficinas, repartidas entre 1 a 2 oficinas por piso, dando un total de 40 oficinas todas conectadas por dos escaleras de circulación y 12 ascensores.

d) Estructuras

La estructura portante consiste en muros, placas y columnas de concreto armado. Estos elementos tienen función principal dotar al edificio de adecuada rigidez y resistencia ante cargas laterales para asegurar un buen comportamiento ante cargas sísmicas. La cimentación es a base de zapatas aisladas, cimientos corridos, vigas de cimentación, muros pantalla y calzaduras.

La edificación está conformada por losas de concreto postensado con adherencia con peralte de 20 cm. Para este sistema se empleó concreto de $f'c=280\text{kg/cm}^2$, con $f'ci = 180 \text{ kg/cm}^2$ t. (resistencia cilíndrica), a temprana edad (aprox. Al tercer día), acero corrugado ASTM A615 Grado 60, cables de acero para postensado diámetro $D = 0,5"$, grado 270 K, anclajes S5N, anclajes tipo H, ductos de polipropileno y lechada de inyección con fluidificante y expansor.

e) Equipamiento

- Ascensores

Se instalaron 12 ascensores con acabados en acero inoxidable y capacidades estimadas de 1150 y 1275 kg, según los parámetros de cálculo de tráfico.

- Subestaciones

Los transformadores para el sistema de utilización del edificio son dos subestaciones las cuales están ubicadas en el primer sótano y en la azotea de la edificación con transformadores de 630kVA (22,9kV /0,38kV).

f) Instalaciones eléctricas

Desde los bancos de medidores se suministra energía a las oficinas en 220V, trifásico. La cantidad de suministros para oficinas es de 53. Los tableros de las oficinas estarán equipados con interruptores para transferencia automática con el grupo electrógeno. Para cada oficina se está dejando una carga desde 3.00kW hasta 12.50kW dependiendo del tamaño de la oficina en emergencia. El suministro para los servicios generales es en Media Tensión en 22,9kV.

g) Instalaciones sanitarias

La fuente de suministro de agua para el proyecto es la red pública administrada por SEDAPAL, y es conducida a las dos cisternas. Se realizó la sectorización necesaria para independizar a alimentación de cada oficina, que permitió las reparaciones de las redes en caso de ser necesario causando el mínimo de inconvenientes a los usuarios.

h) Red de agua contra incendio

La alimentación de los sistemas se hará mediante una tubería de 6 pulgadas que parte desde el cuarto de bombas, alimentando las montantes de donde se empalman las tomas para los rociadores y se ha previsto la instalación de una conexión de inyección para bomberos para cada montante, ubicadas hacia el exterior del edificio, de manera que pueda alimentar a cualquiera de los sistemas de extinción de incendios desde este punto.

i) Costo de construcción

- Primer etapa: S/ 9´292,837.47 + IGV, con plazo de ejecución de 8 meses.
Excavación y muro anclado de los sótanos
- Segunda: S/. 51´707,162.53 + IGV, con plazo de ejecución de 20 meses.
- Monto total: S/. 61´000,000.00 + IGV

j) Área de distribución de las losas postensadas

La superficie total de losas consideradas es 50,912.3 m² distribuidos en 10 sótanos y 27 pisos superiores. La superficie se verificó una vez ejecutado el proyecto.

Tabla 11. Área de losas postensadas en cada nivel

NIVEL	Nº NIVELES	AREA
Sotano 10	1	2144.0 m ²
Sotano 9 al 4	6	2142.6 m ²
Sotano 3	1	2089.2 m ²
Sotano 2	1	2014.3 m ²
Sotano 1	1	2033.4 m ²
Piso 1	1	1012.3 m ²
Piso 2 al 12	11	1327.4 m ²
Piso 13 al 19	7	1181.8 m ²
Piso 20 al 26	7	720.1 m ²
Piso 27	1	848.8 m ²

Fuente: Contrato de obra del sistema postensado

k) Costo del sistema postensado adherido

El siguiente cuadro resume los precios de postensado para la solución ofrecida:

Tabla 12. Costo unitario y presupuesto total del sistema postensado

Sistema	Áreas (m ²)	Precio (S./m ²)	Precio (S/.)
Postensado	50,912.30	59.94	3´051,683.262

Fuente: Contrato de obra del sistema postensado

Tabla 13. Área de losas postensadas y costos por niveles

Niveles	Área	Precio /m2	Total
10 Niveles de Sótanos	21,136.50	S/, 59.94	S/. 1'266,921.810
27 Niveles Superiores	29,775.80	S/. 59.94	S/. 1'784,761.452
	50,912.30		S/. 3'051,683.262

Fuente: Valorizaciones de Obra

Tabla 14. Porcentaje del presupuesto total del sistema postensado

Colocación de cables	Tensado	Inyectado
90.00%	5.00%	5.00%

Fuente: Valorizaciones de obra

l) Compromiso de avance por niveles

Las entregas de cada nivel serán contadas a partir de la recepción de los planos definitivos, cargas definitivas y compromiso de pago por los trabajos a ejecutar.

- Primera planta: 2 Semanas
- Resto de plantas: 1 Semana por nivel
- **Plazo Total de Obra: 11 meses**

m) Responsabilidades de la constructora

- Suministro e instalación del encofrado de las losas
- Suministro e instalación del concreto
- Suministro e instalación de armaduras pasivas

- Suministro de energía eléctrica a una distancia no superior a 30 m. desde el punto más alejado de trabajo.
- Ensayos de probetas necesarios para verificar la resistencia a compresión del concreto previo al tensado.
- Sellado de cajas de tensado
- Traslados internos a la obra de materiales y equipos
- Bodegas para materiales, equipos y vestidores para el personal en obra y seguridad de las mismas

n) Responsabilidades del subcontratista

- Desarrollo de detalles de postensado del proyecto
- Suministro e instalación de cables y ductos de postensado
- Suministro y colocación de anclajes
- Tensado de cables
- Suministro de lechada e inyección de ductos de postensado
- Sellado de nichos de anclaje
- Entrega de protocolos de colocación de cables, inyección de lechada y postensado
- Entrega del Dossier de calidad

o) Unidad de análisis

Control de calidad (Registros de calidad)

p) Unidad de observación

Edificio para oficinas JP

q) Planos del proyecto

Anexo II

4.2 Análisis e interpretación de la investigación

Se muestran los resultados obtenidos al aplicar el cuestionario al gerente de proyectos, con referencia a las variables independientes y dependientes las que son problemas de fisura y deflexión, retraso por reparaciones y gastos adicionales por reparaciones. El cuestionario se encuentra en el Anexo III.

Tabla 15. Cuadro de variables independientes

PROBLEMAS DE FISURA Y DEFLEXIÓN	SI	NO
Se localizó el origen de los problemas causantes de la deflexión y fisuras de las losas postensadas.	X	
Los cables (monotorones) fueron colocados en las alturas diseñadas durante el proceso constructivo.		X
Los cables (monotorones) fueron alineados según el diseño establecido durante el proceso constructivo.	X	
Existió un correcto levantamiento de observaciones pre-vaciado para evitar problemas de fisura.		X
Hubo personal capacitado para la correcta instalación de los cables (monotorones).		X
En obra existió una modulación de apuntalamiento.		X
Se realizó la comparación entre la elongación teórica y la obtenida en obra de los cables para registrar los valores en los registros de calidad.		X
Existió un control para la correcta dosificación de la lechada.	X	

Los tubos de inyección, durante el proceso constructivo, tuvieron una correcta fijación.	X	
Existió una correcta inyección de lechada en los cables (monotorones).	X	
Existió una correcta presión manométrica de los equipos al momento de realizar el proceso tensado de los cables.		X

Elaboración: Las Autoras

Respecto a los problemas de fisuras y deflexión en las losas postensadas del edificio para oficinas JP, podemos afirmar que en el caso de estudio, se localizó el origen de los problemas causantes de la deflexión y fisuras de las losas postensadas, los cables fueron alineados según el diseño establecido durante el proceso constructivo, existió un control para la correcta dosificación de la lechada, los tubos de inyección durante el proceso constructivo tuvieron una correcta fijación, existió una correcta presión manométrica de los equipos al momento de realizar el proceso de tensado de los cables, mientras que los cables no fueron colocados en las alturas diseñadas, no existió un correcto levantamiento de observaciones prevaciado para evitar problemas de fisura, no hubo personal capacitado para la correcta instalación de los cables, en obra no existió una modulación de apuntalamiento en los pisos inferiores, no se realizó al momento de tensar los cables la comparación entre la elongación teórica y la obtenida en obra para registrar los valores en los registros de calidad y no existió una correcta presión manométrica de los equipos al momento de realizar el proceso de tensado de los cables.

De acuerdo con los resultados, podemos afirmar que se puede optimizar los registros de calidad para evitar los problemas de fisuras y deflexiones en los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

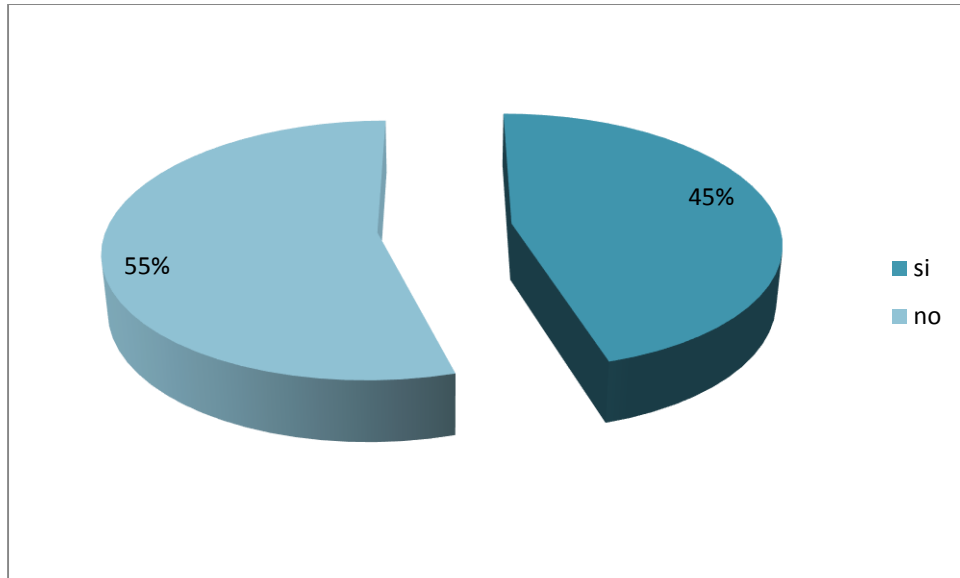


Gráfico 18. Gráfico estadístico de problemas de fisura y deflexión
Elaboración: Las Autoras

EL 55 por ciento de los problemas de fisura y deflexión se debió a causa de que no se aplicó un correcto control de los registros de calidad mientras que el 45 por ciento sí se aplicó.

Tabla 16. Cuadro de variables dependientes

RETRASO POR REPARACIONES	SI	NO
Existió un tiempo adicional en la entrega del proyecto	X	
Debido a las reparaciones, existió retrasos en las partidas secuenciales en instalación de acabados	X	

Elaboración: Las Autoras

Respecto a los retrasos por reparaciones en las losas postensadas del edificio para oficinas JP, podemos afirmar que en el caso de estudio, existió un tiempo adicional en la entrega del proyecto y también debido a las reparaciones, existieron retrasos en las partidas secuenciales en instalación de acabados.

De acuerdo con los resultados, podemos afirmar que se puede optimizar los registros de calidad para evitar atrasos por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

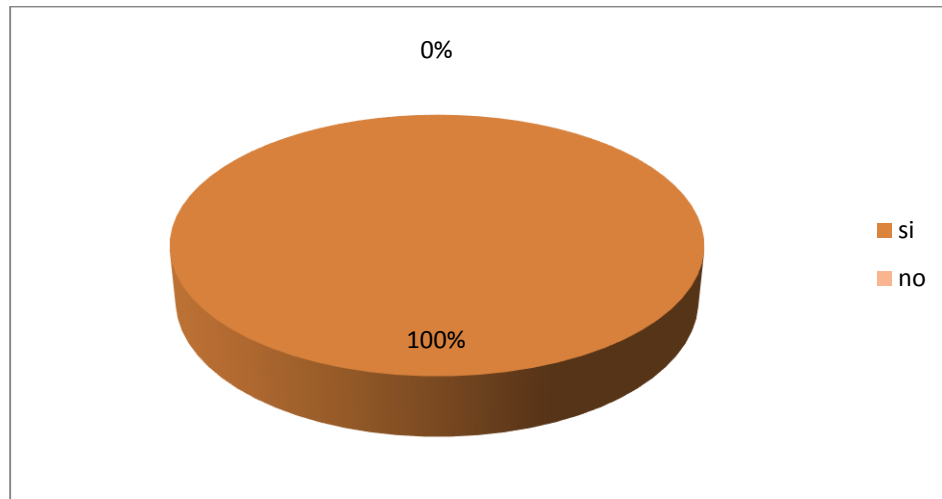


Gráfico 19. Gráfico estadístico de retraso por reparación

Fuente: Elaboración propia.

El 100 por ciento de los retrasos se debió a las reparaciones y esto, a su vez, como consecuencia de las fisuras y deflexiones ya que no se aplicó un correcto control de los registros de calidad.

Tabla 17. Cuadro de variables dependientes

GASTOS ADICIONALES POR REPARACIONES	SI	NO
Las reparaciones generaron un costo adicional del presupuesto general	X	
Se le impuso penalidades a la inmobiliaria por retrasos en el cronograma de obra	X	
Existieron los pagos adicionales debido a los retrasos en las partidas secuenciales de acabados	X	

Elaboración: Las Autoras

Respecto a los retrasos por reparaciones en las losas postensadas del edificio para oficinas JP, podemos afirmar que, en el caso de estudio, las reparaciones generaron un costo adicional del presupuesto general, se le impuso penalidades a la inmobiliaria por retrasos en el cronograma de obra y

también existieron los pagos adicionales debido a los retrasos en las partidas secuenciales de acabados.

De acuerdo con los resultados, podemos afirmar que se puede optimizar los registros de calidad para evitar gastos adicionales por reparaciones en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna.

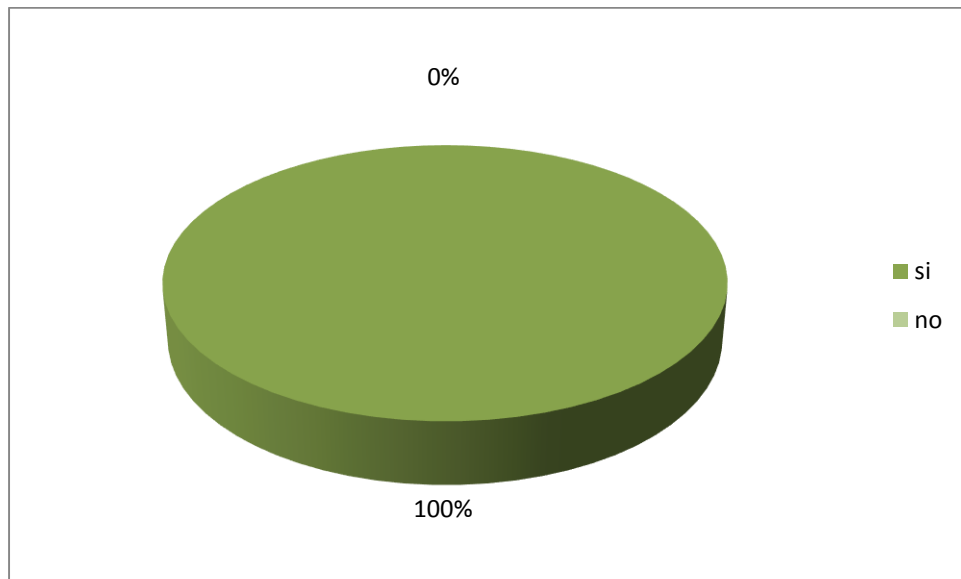


Gráfico 20. Gráfico estadístico de gastos adicionales por reparación

Elaboración: Las Autoras

El 100 por ciento de los gastos adicionales se debió a las reparaciones y esto a su vez como consecuencia de las fisuras y deflexiones ya que no se aplicó un correcto control de los registros de calidad.

4.3 Descripción del caso

La construcción del edificio para Oficinas JP se ejecutó desde Julio del 2013 hasta Setiembre del 2015.



Gráfico 21. Imagen en 3D del edificio para Oficinas JP
Fuente: Memoria Técnica del Proyecto

Tabla 18. Cuadro de Datos Generales del Proyecto

DATOS GENERALES DEL EDIFICIO PARA OFICINAS JP

UBICACIÓN	El Edificio para Oficinas JP, se encuentra ubicado en la Av. Javier Prado Oeste, distrito de San Isidro, Lima.
FECHA DE INICIO	Julio del 2013.
FECHA DE TERMINO CONTRACTUAL	Setiembre del 2015.
ÁREA DEL TERRENO	2,200.00 m ²
ÁREA CONSTRUIDA	50,912.30m ²
MONTO DE LA OBRA CONTRACTUAL	S/. 61'000,000.00 + IGV
TIEMPO CONTRACTUAL DE EJECUCION	810 días
NÚMERO DE PISOS	27 pisos
NÚMERO DE SÓTANOS	10 Sótanos
NÚMERO DE OFICINAS	60 Oficinas
NÚMERO DE ESTACIONAMIENTOS	682 Estacionamientos

Elaboración: Las Autoras

4.3.1 Diseño arquitectónico

La edificación en estudio tiene un diseño arquitectónico poco común puesto que la fachada principal trata de imitar la forma de un reloj de arena.

Los pisos inferiores van disminuyendo en la distribución del área con un ángulo de inclinación de 6° por piso en las columnas principales de la fachada hasta el piso 13 y en los pisos superiores en adelante van aumentando con el mismo ángulo hasta llegar al piso 27. Por otro lado la parte posterior de la edificación también tiene una distribución de áreas diferente

puesto que en el piso 1 hasta el piso 19 cuenta con una área techada promedio de 1,173.83 m², mientras que el piso 20 reduce el área techada un poco más de la mitad para contar con una terraza para actividades al aire libre. Por otro lado del piso 21 al 27 solo cuentan con un área techada promedio de 784.45 m² con la diferencia de que cuentan con áreas con luces amplias para una vista hacia la terraza del piso 20 y los alrededores. Esta distribución de áreas con amplias luces son gracias a los voladizos en las losas de techos para la colocación de los muros cortinas y así sea posible la visibilidad en los ambientes, anteriormente mencionados.

Los problemas en estudio de la presente tesis sucedieron entre los pisos 20 y 27 que tienen los voladizos de 3.00 m de ancho y 17.50 m de longitud, dando un área promedio de 52.50 m² en cada nivel.

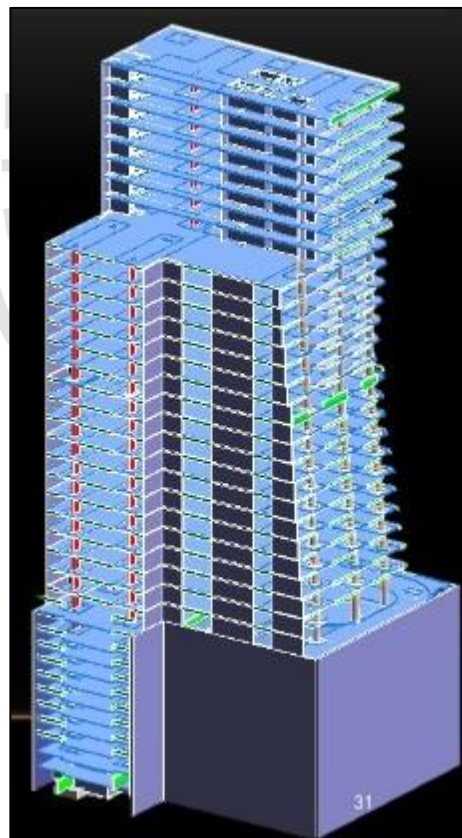


Gráfico 22. Imagen en ETABS del edificio para Oficinas JP

Fuente: Memoria Técnica del Proyecto

4.3.2 Problemática en las losas postensada:

Para el presente trabajo de investigación, se desarrollan los tres puntos principales que son el sustento de la problemática en estudio.

a) Zonas afectadas por problemas de deflexiones y fisuras

A continuación, se describe la situación actual y cómo se han desarrollado los problemas de deflexiones excesiva y fisuras en las losas en voladizos del techo piso 20 al 27, la zona afectada es la que se ve en el Gráfico 23, en el que se señalan las losas postensadas en voladizo.

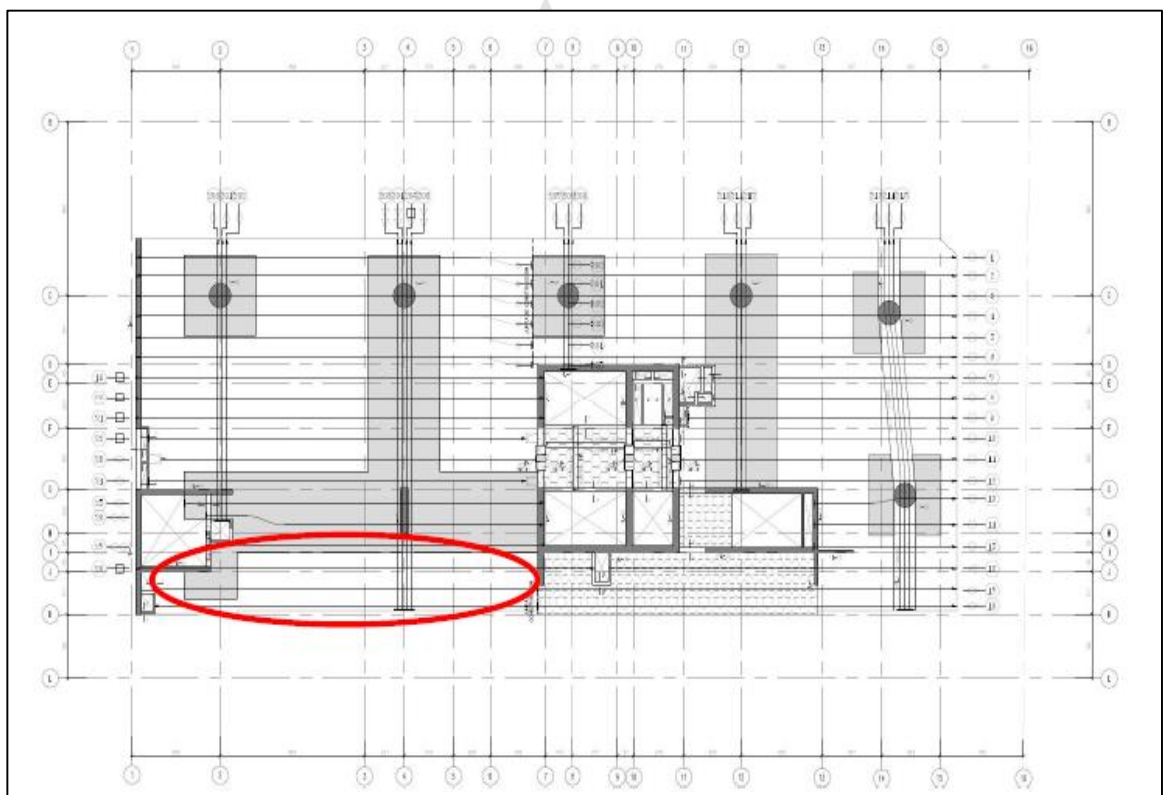


Gráfico 23. Zona afectada por deflexiones excesivas

Fuente: Informe de fisuras del sistema postensado

Inicialmente hubo varias discusiones entre la Constructora y el subcontratista respecto a las causas de la falla de las losas en voladizo. Ello hizo que el Subcontratista revise el diseño cotejándolo con el diseño inicial, una vez terminada la revisión, el subcontratista determinó que no existía ninguna posibilidad de imputar las fallas de las losas a errores de diseño.

Con esta primera conclusión se descartó que el problema se debió a errores de diseño y se determinó que el problema estuvo en la ejecución, precisamente en el proceso de apuntalamiento. A base de esto se procedió a hacer un nuevo análisis y a brindar una solución de reparación de las losas en voladizos que fueron dañadas, que fue consultada y aprobada por el Calculista, la Inmobiliaria y la Constructora.

La solución inicial dada por el subcontratista planteaba adicionar una serie de capiteles en ciertas zonas específicas que pudieran aumentar la inercia y controlar las deflexiones y las fisuras de las losas dañadas, la losa es de espesor 20 cm y losa más capitel es de 40 cm.

También proponía colocar refuerzo pasivo en el inicio de los voladizos, zona que debía ser reparada debido a la fisuración producida por la deflexión excesiva de las losas. Con estas soluciones se tenían resueltos los problemas de deflexiones y de esfuerzos en el concreto.

En el Gráfico 24 se puede ver el procedimiento planteado por el subcontratista para dar solución a los problemas de las losas en voladizo del piso 20 al 27 del edificio para oficinas JP.

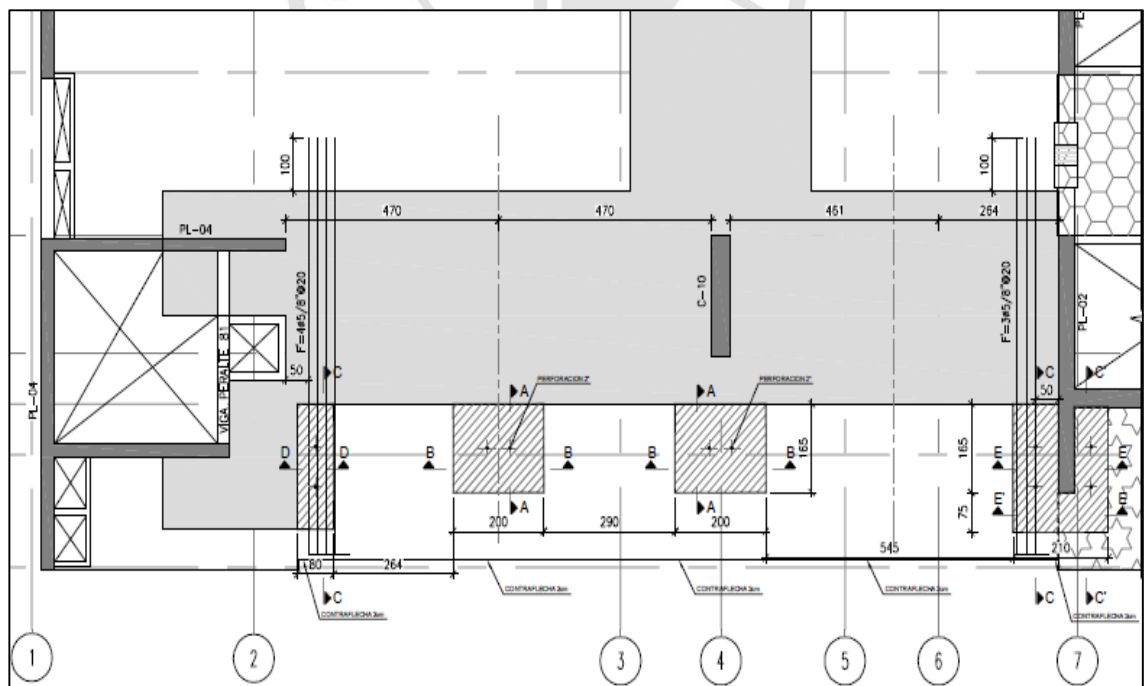


Gráfico 24. Procedimiento inicial de solución
Fuente: Informe de fisuras del sistema postensado

Como parte de este procedimiento se requería también que se perforen las losas para poder hacer el vaciado de los nuevos capiteles desde la parte superior de las mismas. Durante ese proceso es que el constructor advirtió que había algo extraño en la posición de los cables e inmediatamente pidió reunirse con el Subcontratista para que ambos pudieran visualizar y analizar la posición de los cables en los voladizos de las losas.

La visita por parte del subcontratista se realizó el día jueves 11 de junio de 2015 en que se pudo observar que en la losa del piso 25, las perforaciones, que se habían realizado con intenciones de verter el concreto de los nuevos capiteles, estaban expuestos los cables que se proyectaban hacia el voladizo, en que la altura (trazo) de los cables no coincidía con lo entregado en el proyecto por parte del diseño del Subcontratista.

Los planos de diseño indicaban que estos cables debían estar a 4 cm de profundidad desde la parte superior de la losa de 20cm de espesor; sin embargo, se encontraron muy cercanos a la malla inferior de acero, a unos 14cm de profundidad.

Inicialmente, al visualizar esta situación, se pensó que pudo haber habido algún problema durante el proceso de vaciado que haya hecho que los cables lleguen a esa profundidad; sin embargo, otra perforación a un poco más de 1 metro (en dirección al voladizo) dejó ver otro cable que venía amarrado con alambre a la malla (armadura pasiva), lo cual derrumba cualquier hipótesis de desatención en el proceso del vaciado e indica que los cables fueron mal instalados en obra, es decir, el personal del subcontratista de postensado, encargado de la ejecución e instalación de los cables no realizó un correcto procedimiento de trabajo.

Posterior a eso se visitó el piso 20 para verificar si en ese piso también se presentaban los mismos problemas y se confirmó que sí mostraban las mismas características, lo cual dejó ver que no fue un caso aislado y que probablemente todos los niveles con voladizo tendrían la misma falencia, lo cual explicaría las deflexiones y fisuras observadas en las losas en voladizo del piso 20 al 27 del proyecto para Oficinas JP.

Luego de la visita se envió a una cuadrilla de trabajadores para que piquen la losa en determinados lugares para poder tener una mejor visión de los hechos. Se pudo apreciar que los cables en el inicio del volado sí se encuentran en la posición correcta; sin embargo, mientras el trazado va avanzando se observa que el cable va descendiendo hacia la malla inferior del volado para luego terminar a media altura en la zona de los anclajes.

El trazado actual de los cables es el que se muestra en el Gráfico 25, este trazado es incorrecto puesto que las fuerzas producidas tanto por el cable como por el peso propio de la losa en voladizo no se anulan sino todo lo contrario, la refuerzan provocando así que esta estructura se fisure y deflecte, puesto que no se genera un equilibrio de las fuerzas.

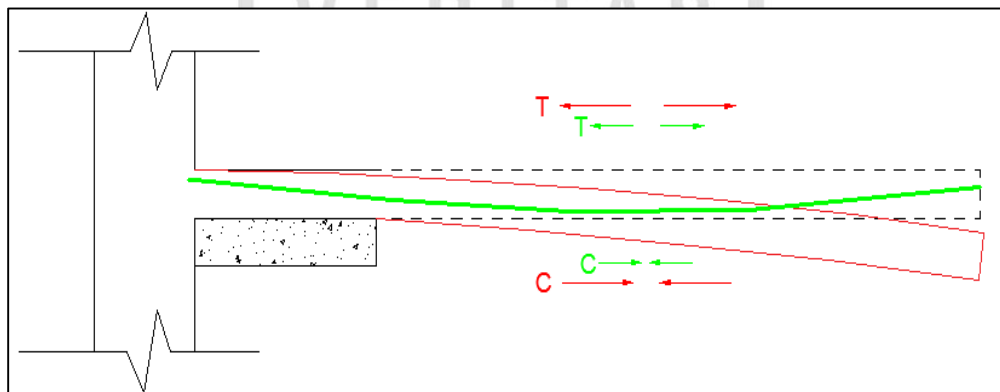


Gráfico 25. Trazado real en obra del cable en el voladizo
Elaboración: Las Autoras

La correcta forma para la instalación de los cables es la que se muestra en el Gráfico 26, en que el cable debió iniciar el descenso al finalizar el capitel siguiendo un trazo hacia el centro de gravedad de la losa en el extremo del anclaje de tensado. En este caso, al momento del tensado, si se genera el equilibrio de fuerzas debido al cable y al peso propio de la losa.

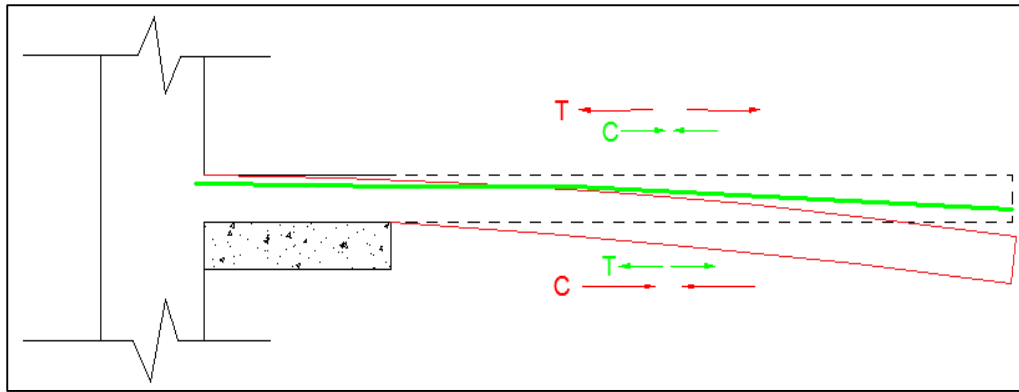


Gráfico 26. Correcto trazado del cable en el voladizo

Fuente: Elaboración Propia

Según lo ya mencionado, se puede sustentar cual fue el motivo principal por el cual ocurrieran estos problemas demostrando cuán importantes es la necesidad de mejorar los registros de control en los procesos constructivos de este sistema postensado en losas adheridas.

b) Retraso por reparación de losas postensadas

El Cronograma Inicial en donde se muestran los trabajos programados del proyecto se encuentra en el Anexo IV.

Según lo explicado con anterioridad, estos problemas generaron varios inconvenientes en el cronograma general del proyecto haciendo imposible la entrega del proyecto en la fecha programada.

Las reparaciones ocasionaron un tiempo de retraso de 58 días laborables para poder ser ejecutadas en su totalidad y posteriormente, seguir con las partidas de arquitectura.

Luego, se detallan las partidas y las cantidades de días asignados para la reparación en la Tabla 17.

Tabla 19. Cronograma de trabajos por reparación de losa

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	NÚMERO DE DÍAS	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO
REFUERZO DE LOSA POSTENSADA			
<u>Levantamiento de losa</u>			
Levantamiento de gatas hidráulicas	58	13/07/2015	17/09/2015
Colocación de puntales	58	13/07/2015	17/09/2015
<u>Refuerzo Inferior (Techo)</u>			
Picado de losa	6	13/07/2015	18/07/2015
Perforación de losa	12	15/07/2015	28/07/2015
Colocación de acero de refuerzo (capiteles)	8	24/07/2015	01/08/2015
Encofrado de capiteles	16	29/07/2015	15/08/2015
Vaciado del concreto	12	07/08/2015	20/08/2015
<u>Refuerzo Superior (Piso)</u>			
Corte para canal y cable postensado mal instalado	8	21/08/2015	29/08/2015
Colocación de acero de refuerzo	6	28/08/2015	03/09/2015
Colocación de concreto autonivelante	4	04/09/2015	08/09/2015
<u>Reparación de grietas</u>			
Reparación de grietas	8	09/09/2015	17/09/2015
TOTAL DE DIAS	58	13/07/2015	17/09/2015

Elaboración: Las Autoras

El desarrollo de las partidas mencionadas será definido en el punto “**Solución empleada en las losas postensadas del edificio para Oficinas JP.**”

Los trabajos de reparación tuvieron que ser ejecutados, inmediatamente, para no generar mayor retraso en el proyecto. Los trabajos de reparación fueron programadas como se muestra en el Gráfico 27.

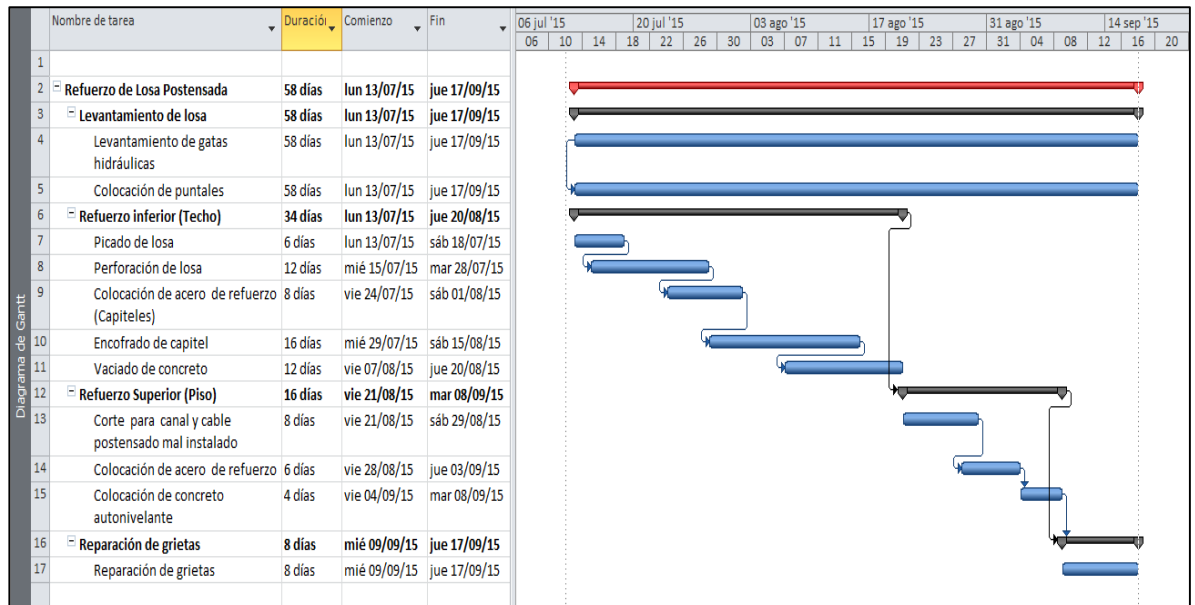


Gráfico 27. Diagrama de Gantt de la reparación de losas
Elaboración: Las Autoras

La partida directamente afectada por este inconveniente fueron la instalación de los muros cortinas puesto que las losas no eran capaces de soportar las cargas excesivas generadas por la instalación de estos cristales que iban a ser colocados en los volados de cada nivel, fue por esta razón que tuvieron que esperar los 58 días laborables de reparación para la posterior colocación. Las partidas de nivelación en pisos en los niveles afectados y pintura de muros también tuvieron que ser pospuestos por este problema, pero no tuvo mucha percusión puesto que las oficinas iban a ser entregadas sin los acabados finales en ambas partidas.

Las otras partidas de arquitectura NO entraban en el rango de retraso, fue por esto que el proyecto no se vio afectado en un mayor porcentaje.

El cronograma general inicial del proyecto tuvo que ser modificado e incluir las nuevas partidas de reparación (color azul) creando un nuevo cronograma modificando la fecha de entrega, como se muestra en el Gráfico 28.

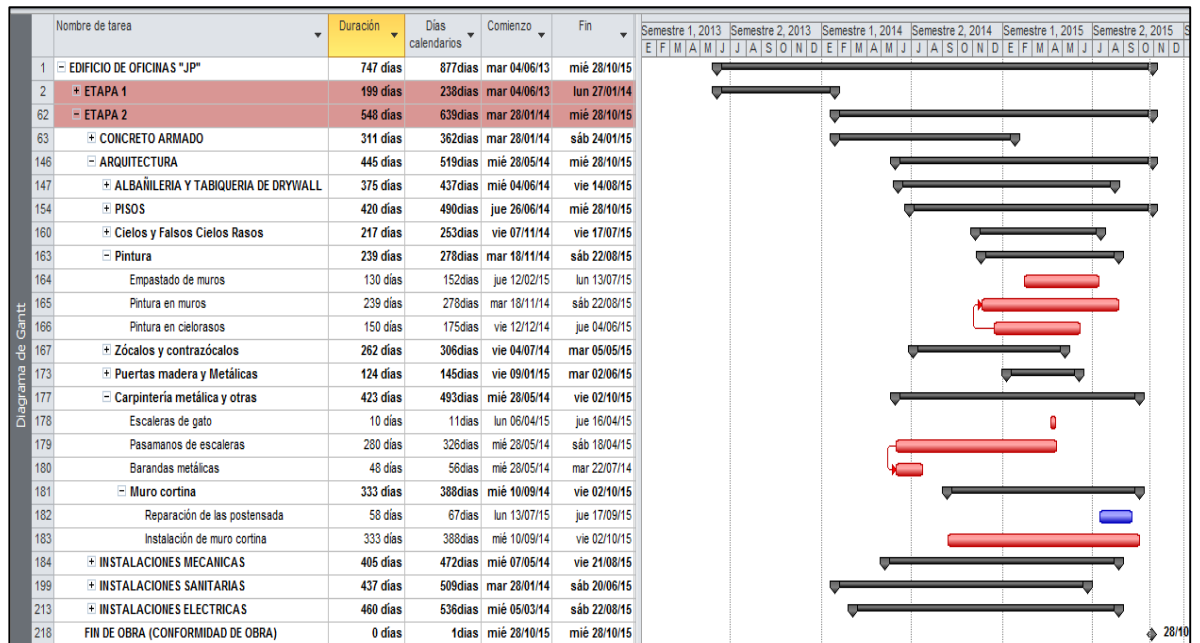


Gráfico 28. Diagrama de Gantt general del proyecto incluido la reparación
Elaboración: Las Autoras

El cronograma inicial contaba con 810 días laborables para concluir pero tuvo que aumentar un 7% de días en su programación, el que fue hallado dividiendo los días de reparación laborables entre el Cronograma general inicial. El porcentaje de días adicionales laborables, del nuevo cronograma general final viene a ser 6%.

Tabla 20. Cronogramas proyectados por reparación de losa

DESCRIPCIÓN	Días Calendario	% Adicional
Cronograma General Inicial	810	7.00%
Cronograma General Final	870	6.00%

Elaboración: Las Autoras

c) Costos adicionales por reparación de losas postensadas.

El Presupuesto Inicial en donde se detallan los costos de todas las partidas del proyecto se detallan en el Anexo V.

De acuerdo con la explicación del problema de las losas postensadas existieron gastos adicionales no incluidos en el presupuesto general para la

posterior reparación de las deflexiones y fisuras en los volados. Luego se detallan las partidas adicionales y los costos generados.

Tabla 21. Presupuesto de gastos adicionales por reparación de losa

DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	UNIDAD	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
REFUERZO DE LOSA				
<u>Refuerzo inferior</u>				
Picoteado de losa para capiteles	m2	109.86	68.92	7,571.55
Perforaciones de 2" para la inyección del concreto	Und.	10.00	177.79	1,777.90
Perforaciones para anclado de acero	Und.	328.00	22.95	7,527.60
Z Pox Gel varillas inferiores	Und.	328.00	27.65	9,069.20
Varillas de acero (inferiores y superior)	Kg	3,789.48	4.61	17,469.50
Alambre # 16 (Rollo)	rollo	12.00	245.00	2,940.00
Encofrado	m2	109.86	625.90	68,761.37
Concreto autonivelante	m3	20.81	5,460.72	113,637.58
Probetas de concreto (grout)	piso	8.00	1,440.00	11,520.00
<u>Refuerzo superior</u>				
Canal para colocacion de varillas superiores	ml	1,077.30	70.94	76,423.66
Z Pox Gel varillas superiores	m2	221.62	108.50	24,045.77
Concreto autonivelante para canales	m3	3.88	5,460.72	21,187.59
<u>Otros</u>				
Mano de obra acarreo	mes	2.00	28,574.32	57,148.64
<u>Procedimiento del subcontratista</u>				
Gatas hidráulicas	mes	4.00	4,335.65	17,342.60
Pegamento entre concretos	m2	109.86	63.60	6,987.10
Puntales	mes	4.00	7,814.40	31,257.60
Reparación de grietas	ml	191.60	181.72	34,817.55
<u>Gastos generales</u>				
Personal profesional, trabajadores y almacén (constructora)	Glb.	1.00	38,600.00	38,600.00
			COSTO DIRECTO S/. (sin IGV)	548,085.22

Elaboración: Las Autoras

El cuadro detalla los precios unitarios, metrados y costo total por partida de los materiales, equipos, servicios y gastos generales que serán necesarios utilizar en la reparación de las losas.

A partir del costo adicional, se genera un nuevo presupuesto que afecta directamente el costo directo (partida de Postensado de Losa) y el Presupuesto General Neto que se detalla en la Tabla 18.

Tabla 22. Presupuesto modificado por costo adicional de reparación

DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO (S/.) sin IGV
Costo de Postensado de Losas	3,051,683.26
Adicional de Reparación	548,085.22
Nuevo Presupuesto de Costo Directo	3,599,768.49
Presupuesto General Neto Inicial	61,000,000.00
Nuevo Presupuesto General Neto	61,548,085.22

Elaboración: Las Autoras

Tabla 23. Porcentaje de gastos adicional en el Presupuesto específico y general

DESCRIPCIÓN	(S/.) sin IGV	% Adicional
Costos de Postensado de Losas Inicial	3,051,683.26	17.96%
Presupuesto General Neto Inicial	61,000,000.00	0.90%

Elaboración: Las Autoras

El adicional por reparación representa un incremento de 17.96% del costo inicial directo de la partida de postensado de losas, este resultado se halló mediante la división del adicional entre el costo inicial. Con referencia al presupuesto general inicial aumenta en 0.90%, que fue hallado dividiendo el adicional entre el presupuesto general inicial.

Tabla 24. Porcentaje de gastos adicionales en el Presupuesto Final

DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO (S/.) sin IGV	% del Presupuesto
Losas Postensadas (Costo Directo)	3,599,768.49	15.23%
Presupuesto General Neto	61,548,085.22	0.89%

Elaboración: Las Autoras

El porcentaje del gasto adicional (S/. 548,085.22 + IGV), del nuevo presupuesto viene a ser 15.23% del costo directo y el 0.89% y del Nuevo Presupuesto General Neto.

Las partidas que fueron afectadas en el retraso por reparación no generaron sobre costo alguno, puesto que los subcontratistas responsables de pintura y

muro cortina se les pagaba por trabajos ejecutados dejando la zona afectada para el final, en lo único que fueron afectados fue en el tiempo de programación. Las labores de nivelación del piso fueron costos directos de la constructora que fueron incluidas en los gastos generales como se muestra en la Tabla 18.

4.3.3 Solución empleada en las losas postensadas

El análisis realizado por los responsables directos del diseño de este sistema, permitirá controlar las deformaciones de las losas trazando nuevos cables que sean capaces de resistir las cargas, posteriormente, diseñadas. Por lo tanto, la solución pasa por incorporar nuevos capiteles de 20 cm de espesor casi en los bordes de los volados de manera que podamos aumentar la inercia de la losa y se pueda controlar las deformaciones a largo plazo.

Adicionalmente, se debe cortar los cables que se encuentran mal colocados y amarrados en la armadura pasiva que se ubican en las bandas del eje 4, sección de la losa en donde los cables quedaron bajo el centro de gravedad de esta, esto significaría cortar los cables (banda) en el borde más cercano al voladizo del capitel nuevo, de manera que la losa quedaran entre el capitel nuevo y el borde no tenga cables con un mal trazado que perjudique la losa. Esto se muestra en el Gráfico 26.

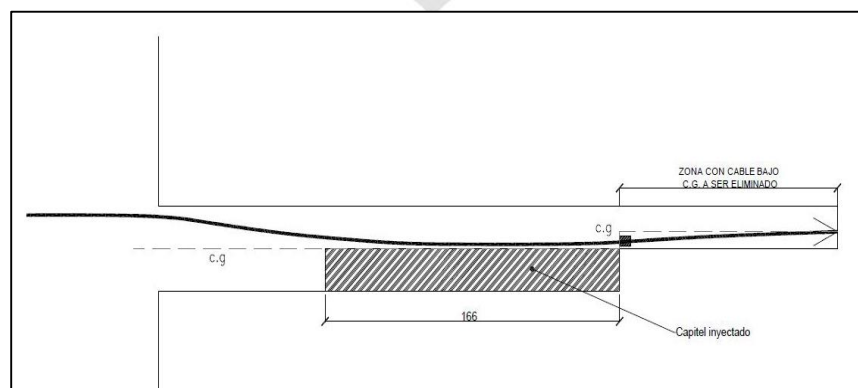


Gráfico 29. Zona de cable bajo C.G. a ser eliminado

Fuente: Informe de fisuras del sistema postensado

consideró que las 4 gatas centrales tendrán el doble de carga que las 2 gatas de cada uno de los extremos como se muestra en el Gráfico 28.

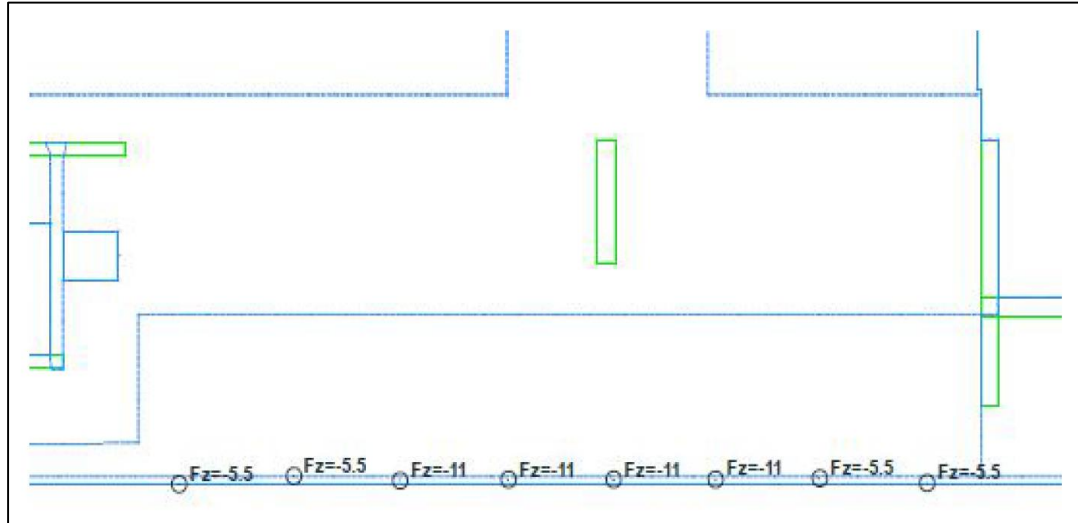


Gráfico 31. Ubicación de cargas que ejercerán las gatas en la losa

Fuente: Informe de fisuras del sistema postensado

Este análisis nos entrega que al aplicar una carga de 11 ton hacia arriba en las gatas centrales y 5.5 ton en las gatas de los bordes, como máximo podremos levantar la losa 2.2 cm sin que sobrepasemos el límite de rotura del concreto. La precaución a tomar es mantener apuntalado el sector de la banda en el voladizo al momento del gateo y a medida que se va levantado la misma, ir ajustando los puntales de manera que la losa esté en todo el proceso apuntalada. Las fotos de reparación de losa se encuentran en el Anexo VI.

4.4 Aplicación del caso

4.4.1 Propuesta de mejora en los registros de calidad

La subcontrata responsable del sistema postensado del proyecto realiza el diseño, suministro de materiales, instalación, tensado e inyección y entrega del dossier de calidad.

Los registros de calidad para el control del proceso constructivo en el caso de investigación fueron entregados directamente por la subcontrata que se comprometió a brindar todos los registros que estaban contemplados en su contrato, que fueron los siguientes:

- a) Revisión LPT previo al vaciado, código: R-LPT-HG
- b) Registro de tensado para LTP, código: R-LPT-T
- c) Registro de inyección, código: M-LPT-INY/I

Los Registros de calidad iniciales en donde se muestran los datos del postensado se detallan en el Anexo VII.

En la siguiente propuesta de mejora para la liberación, se pretende controlar los procesos constructivos del sistema postensado a través de los registros de calidad y Checklist con mayores puntos de control que harán que su implementación sea más minuciosa y se eviten defectos en los procesos constructivos. Además se va a establecer que todas las operaciones deben estar a cargo de un profesional habilitado. Este profesional debe estar presente durante todo el proceso y será responsable del conjunto de medidas de seguridad inherentes a cada uno de los procesos.

Para una mejor apreciación de los registros de calidad y Checklist que se desean proponer se definirán los formatos a utilizar y sus funciones:

- ✓ **Registro de calidad:** Son documentos que contienen datos significativos reales, es decir, son la evidencia de las actividades desarrolladas y no está sujeto a cambios, pues son pruebas de conformidad del Sistema de Calidad.

- ✓ **Checklist:** Las Listas de Control u Hojas de Verificación, son formatos creados para realizar actividades repetitivas, controlando el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades de trabajo o inspección para no dejar de lado nada importante.

Para lograr un apropiado administración de los registros pertenecientes al sistema de control de calidad, es necesaria una correcta gestión de los mismos a través de códigos que identifiquen el tipo, serie y uso que se les aplican. En nuestro caso, hemos utilizado codificación de 5 niveles para identificar cada registro con la información correspondiente de cada procedimiento constructivo. Estos códigos serán especificados durante la descripción de los registros y Checklist de calidad. Se han desarrollado un código sencillo y fácil de entender para la presente propuesta.

A continuación, especificaremos los registros de calidad de la propuesta de mejora:

a) Checklist instalación de los tendones, código PM-CKCQ-IT-001-001:

El presente registro ha sido complementado con varios puntos de control puesto que no estaban contemplados en los documentos durante el proceso constructivo del caso en estudio. Este documento debe ser utilizado durante el enmallado de acero del refuerzo pasivo.

Luego, se detallan cada uno de los puntos fundamentales para la correcta instalación de los cables.

1. Encofrados de fondo nivelados respecto a su cota: Este punto se refiere a la verificación de los niveles del encofrado que debe estar conforme a las medidas indicadas en los planos.
2. Recubrimientos mínimos especificados en planos: Se verifica el espesor del recubrimiento que debe existir entre los cables y la superficie de la losa indicadas en los detalles estructurales.

3. Recubrimiento del acero de refuerzo no excede al del tendón en los puntos más bajos y altos del perfil: Se refiere a que el recubrimiento del cable no debe ser mayor que del acero estructural ni en los puntos más bajos y altos.
4. Cantidad de tendones especificados en los planos: Se debe asegurar la correcta cantidad de los cables indicados en los planos.
5. En el sistema monotorón, los agrupamientos no son más de 5 torones de 0.5" o más de 4 torones de 0.6" por cada grupo: Esto se refiere que si el tendón es de 0.5" debe estar conformado por 5 torones y si son de 0.6" por 4 torones.
6. Los cables se encuentran colocados según las alturas de diseño indicadas en los planos: Antes del vaciado de concreto se debe asegurar la correcta colocación de los tendones según alturas de diseño indicadas en los planos de postensado.
7. Alineamiento establecido en los planos. Las desviaciones horizontales son menores de 5 cm: Este punto indica la ubicación y alineamiento en planta de los cables con una tolerancia de +/- 5cm.
8. Presenta daños en el ducto corrugado: El ducto corrugado de los tendones debe estar en perfecto estado, es decir, no debe presentar ninguna perforación que perjudique el proceso de tensado e inyección de lechada ya que es un sistema de postensado adherido; caso contrario se debe realizar reparación inmediata.
9. Anclajes fijos y móviles fijados a las alturas establecidas en los planos y perpendiculares al plano de tensado: Se debe asegurar la colocación de los anclajes se encuentre colocado según alturas indicadas en los planos de postensado.

10. Anclajes fijos quedan una distancia mínima de 4 cm del borde del encofrado: Indica el recubrimiento del anclaje en relación con el borde de la losa.
11. El acero de refuerzo de los bloques de anclaje está de acuerdo con los planos de postensado: Se refiere a la correcta ubicación, cantidad y medida del acero de refuerzo en donde se colocará el anclaje según detalle de planos de postensado.
12. El tendón fuera del encofrado tiene una longitud mínima de 40cm para el tensado monotorón: La medida mínima del tendón fuera del encofrado debe ser 40cm para la correcta colocación del gato con el cable al momento de tensado.
13. Correcta posición de tubos de inyección: Estos tubos deben ser debidamente colocados antes del vaciado de concreto ya que son el ducto directo hacia los tendones para la inyección de la lechada.
14. Adecuada fijación de "T" de inyección: La T conecta los tubos de inyección con los tendones, va dentro de la losa es por esta razón que debe ir correctamente fijado antes del vaciado de concreto.

Con el presente documento, se desea llegar a obtener un mejor control durante la instalación de los tendones, verificando los puntos descritos y así evitar cualquier tipo de error.

El objetivo del desarrollo durante los trabajos de colocación de tendones, no liberará los elementos instalados cuando alguno de los puntos anteriormente descritos figure como no conforme (NC), paralizando todo trabajo secuencial hasta que no se ejecute el levantamiento de observaciones.

Al ser este el documento de verificación inicial en el sistema de postensado es de suma importancia que su desarrollo sea correctamente ejecutado pues la colocación de los tendones lleva un punto importante. Las

alturas que fueron previamente diseñadas son clave principal del correcto trabajo de las fuerzas en las losas al momento de tensarlas.

Estos documentos tienen la función de disminuir, en lo posible, el margen de error durante la ejecución de la instalación en los tendones.

El presente registro tiene el código: **PM-CKCQ-IT-001-001**

- PM** : Propuesta de Mejora
- CKCQ:** Checklist – Control de Calidad
- IT** : Instalación de Tendones
- 001** : Paso de procedimiento a seguir
- 001** : Sub Paso de procedimiento a seguir



Tabla 25. Instalación de tendones

PROPUESTA DE MEJORA	CHECKLIST				PM-CKCQ-IT-001-001	
	CONTROL DE CALIDAD				Revisión:	1
	INSTALACIÓN DE LOS TENDONES				Fecha:	30/10/15
					Página:	1 de 1
NOMBRE DEL PROYECTO:				N° CORRELATIVO:		
CLIENTE:				FECHA:		
PLANO REF.:		PISO/SÓTANO:		EJES:		
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:						
ITEM	INSTALACIÓN Y COLOCACIÓN DE UNIDADES POSTENSORAS	C	NC	NA	OBSERVACIONES	
1	Encofrados de fondo nivelados respecto a su cota.					
2	Recubrimientos mínimos especificados en planos.					
3	Recubrimiento del acero de refuerzo no excede al del tendón en los puntos más bajos y altos del perfil.					
4	Cantidad de tendones especificada en los planos.					
5	En el sistema monotorón los agrupamientos no son más de 5 torones de 0.5" o más de 4 torones de 0.6" por cada grupo.					
6	Los cables se encuentran colocados según las alturas y de diseño indicadas en los planos.					
7	Alineamiento establecido en los planos. Las desviaciones horizontales son menores de 5 cm.					
8	Presenta daños en el ducto corrugado.					
9	Anclajes fijos y móviles fijados a las alturas establecidas en los planos y perpendiculares al plano de tensado.					
10	Anclajes fijos quedan una distancia mínima de 4 cm del borde del encofrado.					
11	El acero de refuerzo de los bloques de anclaje está de acuerdo a los planos de postensado.					
12	El tendón fuera del encofrado tiene una distancia mínima de 40cm para el tensado monotorón.					
13	Correcta posición de tubos de inyección.					
14	Adecuada fijación de "T" de inyección					
COMENTARIOS					LEYENDA	
<hr/> <hr/> <hr/>					C : Conforme NC : No Conforme NA : No Aplica	
INGENIERO RESIDENTE		JEFE QA/QC		SUPERVISION DE OBRA		SUBCONTRATISTA
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:
Nombre:		Nombre:		Nombre:		Nombre:
Cargo:		Cargo:		Cargo:		Cargo:
Fecha:		Fecha:		Fecha:		Fecha:

Elaboración: Las Autoras

b) Checklist previo postensado, código PM-CKCQ-PPT-002-001

El presente registro ha sido implementado parcialmente durante el proceso constructivo complementando varios puntos de control. Se detallan los puntos que se deben de tomar en cuenta antes de la ejecución del tensado de los cables.

1. Resistencia del concreto requerida para el tensado: Indica si la resistencia de la rotura de las probetas llega a la requerida según diseño de tensado.
2. Puntos de energía eléctrica de 30 A mínimo a 3.50 m del tensado: El equipo de tensado debe de tener los puntos eléctricos con el correcto amperaje para que no ocurra interrupciones en el tensado.
3. Andamios aprobados por el área de SSOMA para los trabajos de tensado: Se debe asegurar que los andamios tengan las aprobaciones necesarias como parte del área de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
4. La superficie de concreto que será tensada no presenta fisuras ni cangrejeras: El elemento estructural debe estar sin ningún tipo de problemas para que resista las cargas del tensado.
5. Limpieza de las cavidades: Las cavidades deben estar libres de todo tipo de obstrucción antes del vaciado para que no exista problemas en la inyección de lechada.
6. El cable del extremo por tensar no debe estar protegido por la cubierta del plástico no menor de 40 cm ni tener ninguna obstrucción: Para la ejecución del tensado, es necesario que el cable por donde se colocara el gato debe de estar sin la cubierta plástica.

7. Verificación en la instalación de las cuñas dentro de los anclajes: Se refiere a la comprobación de la correcta colocación de las cuñas antes de instalar el equipo de tensado.
8. El cable del extremo pasivo debe ser marcado a una distancia de 10 cm. del borde del anclaje: sirve como referencia para medir la elongación del cable.
9. Equipo de tensado en correctas condiciones: Se debe verificar que los equipos que se utilizarán en este trabajo se mantengan en buen estado y contar con los mantenimientos y/o reparaciones respectivas.
10. Manómetro del equipo de tensado correctamente calibrado: Se comprueba su calibración a través de certificado de calidad brindadas por laboratorios autorizados. Indica si la fuerza aplicada a los cables son las necesarias.
11. Personal calificado para la ejecución del postensado: Deben tener experiencia mínima de dos años en trabajos anteriores.
12. Responsable ejecutor y supervisor en la ejecución del tensado se mantienen presentes y ubicados en una zona recomendada contra toda falla eventual del equipo: El personal profesional debe estar supervisando los trabajos de tensado para corroborar la correcta ejecución de los trabajos del tensado.
13. Formato de Registro de Tensado: Los registros de calidad deben de ser llenados y firmado IN SITU por los profesionales responsables.
14. Plano y/o cuadro de especificaciones de tensado: Toda información brindada en los planos y/o detalles de los trabajos a ejecutar deben ser revisados y adjuntados en los registros de calidad indicando el área trabajada.

El objetivo de desarrollo durante los trabajos de verificación antes del postensado es no tensar si alguno de los puntos anteriormente descrito se encuentre como no conforme (NC), paralizando todo trabajo secuencial hasta que no se ejecute el levantamiento de observaciones. Estos documentos tienen la función de evitar posibles problemas de un mal proceso de tensado.

El presente registro tiene el código: **PM-CKCQ-PPT-002-001**

- PM** : Propuesta de Mejora
- CKCQ:** Checklist – Control de Calidad
- PPT** : Previo al Postensado
- 002** : Paso de procedimiento a seguir
- 001** : Sub Paso de procedimiento a seguir



Tabla 26. LPT previo al postensado

PROPUESTA DE MEJORA	CHECKLIST			PM-CKCQ-PPT-002-001	
	CONTROL DE CALIDAD			Revisión:	1
	LPT PREVIO AL POSTENSADO			Fecha:	30/10/15
				Página:	1 de 1
NOMBRE DEL PROYECTO:				N° CORRELATIVO:	
CLIENTE:				FECHA:	
PLANO REF.:		PISO/SÓTANO:		EJES:	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:					
ITEM	TENSADO DE CABLES	C	NC	NA	OBSERVACIONES
1	Resistencia del concreto requerida para el tensado.				
2	Puntos de energía eléctrica de 30 A mínimo a 3.50m del tensado.				
3	Andamios aprobados por el área de SSOMA para los trabajos de tensado.				
4	La superficie de concreto que será tensada no presenta fisuras ni cangrejeras.				
5	Limpieza de las cavidades.				
6	El cable del extremo a tensar no debe estar protegido por la cubierta del plástico no menor de 40 cm ni tener ninguna obstrucción.				
7	Verificación en la instalación de las cuñas dentro de los anclajes.				
8	El cable del extremo pasivo debe ser marcado a una distancia de 10 cm. del borde del anclaje.				
9	Equipo de tensado en correctas condiciones.				
10	Manómetro del equipo de tensado correctamente calibrado.				
11	Personal calificado para la ejecución del postensado.				
12	Responsable ejecutor y supervisor en la ejecución del tensado se mantienen presentes y ubicados en una zona recomendada contra toda falla eventual del equipo.				
13	Formato de Registro de Tensado.				
14	Plano y/o cuadro de especificaciones de tensado.				
COMENTARIOS				LEYENDA	
_____ _____ _____ _____				C : Conforme NC : No Conforme NA : No Aplica SSMA : Seguridad, Salud Ocupacional y Medioambiente	
INGENIERO RESIDENTE		JEFE QA/QC		SUPERVISIÓN	
Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Cargo:		Cargo:		Cargo:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

Elaboración: Las Autoras

c) Registro reporte tensado, código PM-RGCQ-RT-003-001

El procedimiento de tensado es un trabajo que requiere mucho énfasis en su ejecución ya que se transmiten fuerzas externas hacia la losa. Un mal procedimiento nos puede llevar a enfrentar problemas estructurales que comprometan la losa.

El presente registro ha sido implementado, parcialmente, en el caso de estudio, pero se han propuesto nuevos puntos que se deberían considerar para una mayor y mejor recaudación de datos. Se detallan los puntos que se deben tomar en cuenta durante la operación de inyección.

1. Rango de tolerancia: Los cables que serán tensados tienen una elongación teórica y una real, el rango de tolerancia indica que la elongación debe de ser +/- el 7 por ciento de la teórica. Existen casos especiales en donde el porcentaje es diferente, pero esto es según diseño de tensado.
2. Unidad postensora: Se define si la estructura a tensar es losa y/o viga.
3. Postensado: Se define si el sistema postensado es con adherencia o sin ella.
4. Fecha de vaciado: Indica la fecha en donde se vació la losa y la cantidad de días que han pasado desde su ejecución
5. Dosificación del concreto: se refiere a la diseño del concreto ($f'c$), que se vació en la losa.
6. Fecha de tensado: indica cuál fue la fecha del proceso de tensado en la losa para determinar la edad en días del concreto armado, posteriores al vaciado.

7. Resistencia cilíndrica: es aquella resistencia de rotura a la probeta de concreto antes del vaciado de la losa. Con este dato se verifica si el concreto ha llegado a la resistencia requerida antes del tensado.
8. Presión manométrica: Nos informa si la presión registrada por el gato hidráulico es la correcta a la hora del tensado.
9. Ø del cable: Nos indica cuál es el diámetro del cable utilizado en el sistema postensado.
10. Existen cables que no cumplan la tolerancia: informa si los cables tensados no cumplen con la tolerancia teórica
11. Requiere de Inyección: indica si los cables que ya fueron tensado requieren de inyección de lechada, esto depende si se está usando un sistema con adherencia o sin ella.

Se tiene que registrar las medidas de los dos tipos de elongación, la teórica (ET) y la real (EO). La elongación teórica es hallada en el diseño del tensado, mientras que la real es la medida en uno o en ambos extremos de cada cable, dependiendo de la longitud de la losa. En este caso, solo se mide un extremo. El ET debe ser colocado en los registros antes del llenado del registro para la posterior comparación.

El propósito del registro de los datos durante este proceso es tener sustento en la validación del tensado, es decir, indican si se está desarrollando el procedimiento apropiadamente, cumpliendo con los requisitos especificados según normas de construcción, procedimientos constructivos y diseño del sistema.

Estos documentos tienen la función de evidenciar los datos, en estos documentos de control de calidad, para posteriores consultas o/y verificaciones del tensado.

El presente registro tiene el código: **PM-RGCQ-RT-003-001**

PM : Propuesta de Mejora
RGCQ : Registro – Control de Calidad
RT : Reporte de Tensado
003 : Paso de procedimiento a seguir
001 : Subpaso de procedimiento a seguir



Tabla 27. Reporte de tensado

PROPUESTA DE MEJORA		REGISTRO				PM-RGCQ-RT-003-001					
		CONTROL DE CALIDAD				Revisión: 1		Fecha: 30/10/15			
		REPORTE DE TENSADO				Página: 1 de 1					
NOMBRE DEL PROYECTO:						N° CORRELATIVO:					
CLIENTE:						FECHA:					
PLANO REF.:			PISO/SOTANO:			EJES:					
DESCRIPCION DEL TRABAJO:											
ITEM	DATOS PARA EL TENSADO					OBSERVACIONES					
1	Rango de Tolerancia	<input type="checkbox"/> Normal: +/- 7%		<input type="checkbox"/> Especial: +/- %							
2	Unidad Postensora	<input type="checkbox"/> Losas		<input type="checkbox"/> Vigas							
3	Postensado	<input type="checkbox"/> Con Adherencia		<input type="checkbox"/> Sin Adherencia							
4	Fecha de Vaceado	:									
5	Dosificación del concreto	f'c =		Kg/cm2							
6	Fecha de Tensado	:									
7	Resistencia cilíndrica	f'ci =		Kg/cm2							
8	Presión de manométrica (PSI):	Calibración aplicada									
9	φ Cable:	<input type="checkbox"/> 0.5"		<input type="checkbox"/> 0.6"							
10	Existen cables que no cumplan la tolerancia	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO							
11	Requiere de Inyección:	<input type="checkbox"/> SI		<input type="checkbox"/> NO							
CABLE N°	ET (mm)	EO (mm)			PROMEDIO EO	CABLE N°	ET (mm)	EO (mm)			PROMEDIO EO
		EXTR. 1	EXTR. 2	TOTAL				EXTR. 1	EXTR. 2	TOTAL	
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
10						10					
11						11					
12						12					
13						13					
14						14					
15						15					
16						16					
17						17					
18						18					
19						19					
20						20					
21						21					
22						22					
23						23					
24						24					
25						25					
26						26					
27						27					
28						28					
29						29					
30						30					
Listado de cables sin tensar					Fecha de tensado	Listado de cables que no cumple tolerancia					Acción tomada
COMENTARIOS										LEYENDA	
_____										ET : Elongación Teórica	
_____										EO : Elongación Obtenida	
_____										EXTR. : Extremo	
INGENIERO RESIDENTE			JEFE QA/QC			SUPERVISION DE OBRA			SUBCONTRATISTA		
Firma:			Firma:			Firma:			Firma:		
Nombre:			Nombre:			Nombre:			Nombre:		
Cargo:			Cargo:			Cargo:			Cargo:		
Fecha:			Fecha:			Fecha:			Fecha:		

Elaboración: Las Autoras

d) Registro inyección ductos, código PM-RGCQ-ID-004-001

A pesar de que la operación de inyección no es parte de la ruta crítica durante el proceso constructivo de losas postensadas; el presente registro ha sido mejorado. Luego se detallan los puntos de mejora que deben de tomarse en cuenta durante la operación de inyección.

1. Estructura de inyección: Lo que se indica en este punto es que para el correcto control de los registros se debe identificar a que estructura se hará la operación de inyección de lechada.
2. Dosificación de la lechada: Las inyecciones de lechada de cemento se realizan con una dosificación de un ratio de agua/cemento de 0.45.
3. Fuidez (Seg): Es el tiempo, medido en segundos, que tardan en escurrir por gravedad 1700 ml \pm 5 ml de la mezcla por el cono de fluidez. La lechada de inyección deberá tener la fluidez que asegure el llenado completo del torón, para ello se considera un tiempo aproximado de 11 segundos.
4. Temperatura Ambiente($^{\circ}$ C): Las temperaturas del ambiente, de la lechada de inyección y de la estructura que se va a inyectar, deben encontrarse dentro de los rangos establecidos y en ningún caso, la temperatura de la lechada de inyección, inmediatamente, después de su mezclado, debe ser mayor que $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Tabla 28. Rangos de temperatura para la operación de inyección

Valor	Temperatura		
	Ambiente	Superficial de la Estructura	Lechada de inyección
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Mínimo	5	5	10
Máximo	30	-----	25

Fuente: Reglamento CIRSOC 201

5. Presión Inyectado (BAR): Lo que se indica, en este punto, es que la presión de inyección debe ser igual o menor a 5 bares.

Durante este proceso, se desarrolla la conformidad de la existencia de despiches (tubos de inyección), sin este tubo no es posible la inyección de la lechada, en caso este punto fuera no conforme (NC) se procede a colocar un nuevo tubo de inyección en buen estado. La prueba de aire sirve para corroborar que no exista ninguna obstrucción dentro de los ductos antes de la inyección, en caso que este punto fuera no conforme (NC) se procede a destapar y limpiar el ducto, luego de esto se procede a inyectar la lechada ducto por ducto con la dosificación especificada.

El propósito del registro de datos durante este proceso es tener sustento en el proceso de la inyección de la lechada en los cables, es decir, indican si se está desarrollando el procedimiento apropiadamente, cumpliendo con los requisitos especificados.

Estos documentos tienen la función de evidenciar los datos en estos documentos de control de calidad para posteriores consultas o/verificaciones de la inyección de los ductos.

El presente registro tiene el código: **PM-RGCQ-ID-004-001**

PM	:	Propuesta de Mejora
RGCQ	:	Registro – Control de Calidad
ID	:	Inyección de Ductos
004	:	Paso de procedimiento a seguir
001	:	Subpaso de procedimiento a seguir

Tabla 29. Inyección de ductos

PROPUESTA DE MEJORA		REGISTRO				PM-RGCQ-ID-004-001		
		CONTROL DE CALIDAD				Revisión:	0	
		INYECCIÓN DE DUCTOS				Fecha:	30/10/15	
						Página:	1 de 1	
NOMBRE DEL PROYECTO:						N° CORRELATIVO:		
CLIENTE:						FECHA:		
PLANO REF.:				PISO/SOTANO:		EJES:		
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:								
ITEM	DATOS DE INYECCIÓN						OBSERVACIONES	
1	DATOS LECHADA							
1.1	Estructura de inyección	<input type="checkbox"/>	Losa	<input type="checkbox"/>	Viga			
1.2	Dosificación de la lechada	:						
1.3	Fuidez (Seg)	:						
1.4	Temperatura Ambiente(°C)	:						
1.5	Toma de Muestra de Resistencia	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO			
1.6	Presión Inyectado (BAR)	:						
2	DATOS DE MAQUINARIA							
2.1	Maquina Inyectora N°	:						
3	OTROS							
3.1	Existen cables sin inyectar	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	NO			
	Cuales	:						
CABLE N°	EXISTE DESPICHE		PRUEBA DE AIRE		INYECCIÓN		FECHA	OBSERVACIONES
	C	NC	C	NC	C	NC		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
COMENTARIOS							LEYENDA	
_____ _____ _____							C : Conforme NC : No Conforme	
INGENIERO RESIDENTE		JEFE QA/QC		SUPERVISION DE OBRA		SUBCONTRATISTA		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		
Nombre:		Nombre:		Nombre:		Nombre:		
Cargo:		Cargo:		Cargo:		Cargo:		
Fecha:		Fecha:		Fecha:		Fecha:		

Elaboración: Las Autoras



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

En el análisis de los resultados de la presente investigación se ha llegado a la conclusión de que se puede optimizar los registros de calidad para reducir los problemas de fisura y deflexión, como los atrasos por reparaciones y también gastos adicionales; se afirma que gracias a esta mejora en los registros evite que vuelvan a ocurrir estos problemas debido a las mismas u otras causas ya que esto también depende del personal a cargo. Esta persona debe ser constantemente capacitada y sobre todo estar comprometido con su trabajo.

La optimización en los registros de calidad debe implementarse para garantizar la buena ejecución de los procedimientos constructivos en las losas postensadas y que sea integrado en los manuales y catálogos de la empresa subcontratistas.

A partir de la investigación realizada en la presente tesis podemos apreciar que el inconveniente presentado en las losas fue por falta de control

en la instalación de los tendones por parte del subcontratista responsable, pero también debemos tener en cuenta que ellos están a cargo de profesionales que garantizan la revisión de los procedimientos de trabajo, es por esta razón que ellos también debieron de haber tenido una capacitación y/o mayor conocimiento de estudio en el sistema postensado antes de su ejecución.





CONCLUSIONES

1. No se puede asegurar que gracias a la optimización de los registros de calidad se podrá evitar los problemas de deflexión y fisura, atrasos y gastos por reparaciones ya que no solo depende de un correcto registro, sino de la presencia de un personal altamente capacitado.
2. Según la investigación presentada se puede corroborar que las deformaciones en las losas fueron consecuencia del mal trazado de los cables generando fisuración en las losas. Ya que los planos de diseño indicaban que estos cables debían estar a 4 cm de profundidad desde la parte superior de la losa de 20cm de espesor; sin embargo, se encontraron muy cercanos a la malla inferior de acero, a 14cm de profundidad. Lo que ocasionó que al momento del tensado se anulara el equilibrio de las fuerzas entre el peso propio de la losa y el del cable, provocando una deflexión excesiva y como consecuencia la aparición de fisuras en las losas en voladizo.
3. En relación con los retrasos por reparaciones, se puede observar que esto ocasionó grandes problemas en el cronograma general. La partida principalmente afectada fue la instalación de muros cortina, puesto que

iban a ser colocados encima de las losas en voladizo y estas no podían soportar las cargas, haciendo imposible la entrega del proyecto en la fecha programada, retrasándola 58 días laborales.

4. Respecto a los costos por reparaciones, se determinó que del presupuesto general se tuvo un sobrecosto de 548,085.22 soles que representa 17.96% del costo inicial de la partida de losas postensadas y 0.90% del presupuesto general neto inicial.
5. Se puede optimizar los registros de calidad para reducir los problemas de fisuras y deflexiones en los procesos constructivos con losas postensadas adheridas en edificaciones, para ello se debe colocar los cables en las alturas diseñadas, haciendo un correcto levantamiento de observaciones, capacitando al personal técnico y calibrando los manómetros de los equipos de tensado, por lo tanto se acepta la hipótesis de investigación. Podemos alegar que solamente el 45 por ciento de los procedimientos de trabajo se ejecutan adecuadamente, evitando los problemas de fisura y deflexión que se presentan en las losas postensadas adheridas.
6. En cuanto a los retrasos por reparaciones, se afirma que se puede optimizar los registros de calidad en la construcción con losas postensadas adheridas en edificaciones para evitar tiempo adicional por un mal proceso constructivo, por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación. Se observa que la optimización se realizará en 100 por ciento para evitar retrasos por reparaciones.
7. Se identifican que los malos procedimientos de control en los registros de calidad en la construcción con losas postensadas adheridas, generan gastos adicionales por reparaciones. Es recomendable optimizar los registros de calidad para evitar pagos adicionales, puesto que se generan trabajos no planificados, por lo tanto, se acepta la hipótesis de investigación. Se observa que la optimización se realizará en 100 por ciento.



RECOMENDACIONES

1. Requerir que el personal encargado de los trabajos de instalación y tensado sea el adecuado. Se debe tomar en cuenta los antecedentes de las empresas subcontratista para la contratación de cualquier tipo de proyecto, considerando la amplia experiencia y prestigio de trabajo que obtengan a través de los proyectos realizados durante varios años.
2. Solicitar los manuales de los procedimientos de instalación, tensado e inyección de las unidades postensoras, a los subcontratistas con el objetivo de verificar el adecuado procedimiento de trabajo.
3. Se recomienda la continua mejora de cada documento del control de calidad con el propósito principal de reunir los datos que validen el desarrollo de los trabajos en ejecución, cumpliendo con los requisitos especificados según normas de construcción, procedimientos constructivos y diseño del sistema.
4. Se debe comprometer a todo el personal responsable en la revisión de los documentos de control de calidad solicitando las firmas de los ingenieros responsables (Ing. Residente, Jefe de Calidad, Supervisor de

obra.) para corroborar que los trabajos ejecutados fueron realizados con la debida supervisión.





FUENTES DE INFORMACIÓN

Bibliograficas:

1. ACIES (2010). “Losas Postensadas en edificación”.
2. Cava, E. (2012) Propuesta de un Plan de aseguramiento de la Calidad para el área de servicio de postventa de la empresa constructor Pocuro-Obra el Rosario. Tesis de Pregrado Universidad Austral de Chile.
3. Universidad Politécnica de Cataluña; Cataluña - Chile “Cálculo de losas postensadas en Edificación, Capítulo 4: Características de los materiales y elementos constructivos” –
4. Delfina J. y Sanchez S. (2009). “Análisis y diseño de edificio habitacional a base de losas postensadas”. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Zacatenco; México DF – México 2009.
5. Medina Sánchez, E (2013) Construcción de Estructuras de Hormigón Armado en Edificación.

6. Gatica M. (2009). “Estudio comparativo entre losas tradicional de hormigo armado y losa postensada con adherencia”. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería; Valdivia – Chile, 2009.
7. Gómez, R. (2013) Ponencia de la Escuela de Postgrado de la Universidad de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
8. Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento **(2009)** Norma Técnica de Edificación - E.060 Concreto Armado
9. Montaña M. (2008). “Diseño y aplicación de sistemas de postensado de losas con tendones no adheridos en estructuras de uso habitacional y comercial”. Universidad Privada Boliviana; La Paz - Bolivia, 2008.
10. Palacios M. (2012). “Investigación sobre losas postensado”. Universidad Tecnológica Centroamericana, Facultad de Ingenierías; Tegucigalpa – Honduras, 2012.
11. Rios P. (2006). “Planteamiento Integral de la Construcción de un Edificio de Veintitrés pisos con cinco sótanos destinados a Oficinas”. Pontificia Universidad Católica del Perú; Lima-Perú, 2006
12. Spina E. y Sanchez A. (2010). “Evaluación experimental de Vigas de Mampostería postensada. Un sistema alternativo para la construcción de vivienda de bajo costo”. Universidad de Medellín, Facultad de Ingenierías; Medellín – Colombia, 2010.
13. Torres A. y Morales F. (2011). “Sistemas constructivos: Hormigón pretensado y postensado”. Universidad de la Republica Uruguay, Facultad de Arquitectura; Montevideo – Uruguay. 2011.

14. VSL PERU S.A.C (2013) Manual de Instalación de Cables de tensado en Losas.
15. VSL PERU S.A.C (2013) Manual de Inyección de Lechada en los cables postensados.
16. Samohod Romero, Alexis (2015). A puntas de clase del taller de Tesis.





ANEXOS

1. Matriz de Consistencia Metodológica
2. Planos de obra
3. Cuestionario autoaplicable
4. Cronograma General Inicial
5. Presupuesto General Inicial
6. Fotos de reparación de losa
7. Registros de calidad aplicados en el proyecto
8. Manual de Instalación de Cables de tensado en losas
9. Manual de Inyección de Lechada en los cables postensados.

ANEXOS DISPONIBLES EN VERSIÓN IMPRESA

CONSULTE EL CATÁLOGO DE LA BIBLIOTECA