

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS BÁSICAS DE CALIDAD
EN VIGAS Y LOSAS POSTENSADAS, CASO PRÁCTICO:
EDIFICIO PANORAMA PLAZA NEGOCIOS**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

Bach. DIAZ CHAVEZ, EDDIE SANTIAGO
Bach. RAMIREZ TINOCO, ERICK ENRIQUE

ASESOR: Dr. ARTURO VELASQUEZ JARA

LIMA - PERÚ

2016

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi madre (Cipriana Tinoco) que con su esfuerzo, dedicación e incondicional apoyo me permitirá ser un profesional competitivo y de éxito.

A mi padre (Porfirio Ramirez), por su amor y apoyo constante.

A mis hermanos (Dither y Joanna Ramirez), por su preocupación y apoyo para no darme por vencido día a día.

A Dios, por su infinito amor y misericordia.

Ramirez Tinoco, Erick Enrique

A Dios creador de todas las cosas que me ha dado la fortaleza de continuar hasta el final.

A mis padres Cesar y Maribel, a quienes debo la vida; gracias por su infinito cariño y comprensión brindada.

De igual forma a mis hermanas Kareen y Nicol por alentarme y acompañarme en cada momento.

Díaz Chávez, Eddie Santiago

AGRADECIMIENTO

Al Rector de la Universidad Ricardo Palma, Dr. Iván Rodríguez, a nuestros profesores catedráticos, a nuestros compañeros de clases y a los trabajadores en general de la Universidad Ricardo Palma; quienes con su dedicación y esmero permitieron forjarnos en la carrera de la Ingeniería Civil.

A nuestro asesor especialista de tesis el Dr. Arturo Velásquez Jara y a nuestro metodólogo el Ing. Andrés Valencia, además un especial agradecimiento a nuestra coordinadora del curso de titulación por Tesis Ing. Jackeline Escobar Serrano, quienes con su apoyo y enseñanzas hicieron posible terminar esta tesis.

A la Institución que nos formó la UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, por hacer posible desarrollar este trabajo en sus instalaciones.

INDICE

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	3
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema Principal.....	3
1.2.2 Problemas Secundarios.....	4
1.3 Objetivos De La Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación e Importancia de la Investigación.....	4
1.4.1 Conveniencia.....	5
1.4.2 Relevancia Social.....	5
1.4.3 Implicancias Prácticas.....	5
1.4.4 Viabilidad de la investigación.....	5
1.5 Formulación de la Hipótesis.....	6
1.5.1 Hipótesis General.....	6
1.5.2 Hipótesis Secundarias.....	6
1.6 Identificación de Variables.....	6
1.6.1 Definición de Variables.....	6
1.6.2 Operacionalización de las Variables e Indicadores.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	10

2.1 Antecedentes de la investigación	10
2.2 Bases teóricas	13
2.2.1 Reseña Histórica del Concreto Presforzado.....	13
2.2.2 Concreto Presforzado	14
2.2.3 Sistema Pretensado	15
2.2.4 Sistema Postensado	16
2.2.5 Características de los materiales y/o elementos del sistema postensado	18
2.2.6 Tipología del Sistema de Losas Postensadas.	24
2.2.7 La Guía del PMBOK.....	34
2.2.8 Gestión de Calidad del Proyecto	35
2.3 Definición de Términos	37
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	39
3.1 Tipo y nivel de investigación	39
3.1.1 Tipo de Investigación	39
3.1.2 Nivel de Investigación	39
3.2 Método y diseño de la investigación	39
3.2.1 Método de Investigación	39
3.2.2 Diseño de Investigación	40
3.3 Universo, población y muestra	40
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
CAPÍTULO IV: TRABAJO DE CAMPO.....	42
4.1 Control de calidad en obras de edificaciones con sistema postensado	42
4.1.1 Análisis de Encuesta.....	42

4.1.2 Población y Muestra.....	43
4.2 Caso de Investigación: Edificio Panorama Plaza Negocios.....	45
4.2.1 Ubicación y Contenido	45
4.2.2 Consideraciones técnico-económicas del proyecto.....	47
4.2.3 Tiempo de Ejecución Contractual.....	53
4.2.4 Responsabilidades del Contratista Principal de la obra	53
4.2.5 Responsabilidades de la empresa subcontratista de postensado	54
4.3 Problemas frecuentes en obras de postensado	55
4.3.1 Problema de deflexión de losas	55
4.3.2 Problema de Fisuras y Agrietamiento en losas	57
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	59
5.1 Resultados de las encuestas	59
5.2 Levantamiento de Losas postensadas	65
5.2.1 Comparativo del Cronograma previsto y el Cronograma Real	66
5.2.2 Presupuesto de Adicional.....	70
5.3 Herramientas Básicas de Calidad Propuestas	75
5.3.1 Diagrama de Flujo vinculado a la ejecución de losas postensadas	75
5.3.2 Protocolos de Calidad	90
5.4 Contratación de Hipótesis	105
5.4.1 Contratación de Hipótesis Principal.	105
5.4.2 Contratación de Hipótesis Secundaria.....	105
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ...	107
6.1 Discusión	107

6.2 Conclusiones	109
6.3 Recomendaciones	110
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
CAPÍTULO VII: ANEXOS	114

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Definición de Variables.....	6
Tabla 2: Operacionalización de las Variables e Indicadores.....	8
Tabla 3: Razones que producen perdidas de fuerza del pretensado.....	10
Tabla 4. Resistencia a la rotura de Torones.....	19
Tabla 5. Dimensiones de las Barras de Acero.....	20
Tabla 6: Distribución de áreas postensadas del Proyecto.....	48
Tabla 7: Resumen del presupuesto total del Proyecto.....	49
Tabla 8: Resumen del presupuesto para Losas y Vigas Postensadas.....	50
Tabla 9: Duración de trabajos en obra Panorama Plaza Negocios.....	52
Tabla 10: Deflexiones por nivel en los sótanos afectados.....	56
Tabla 11: Resultado de pregunta 3.....	60
Tabla 12: Resultado de pregunta 4.....	60
Tabla 13: Resultado de pregunta 5.....	61
Tabla 14: Resultado de pregunta 6.....	62
Tabla 15: Resultado de pregunta 8.....	63
Tabla 16: Resultado de pregunta 12.....	64
Tabla 17: Resultado de pregunta 13.....	64
Tabla 18: Cuadro comparativo para la duración de los trabajos de la obra Panorama Plaza Negocios.....	70
Tabla 19: Presupuesto de estabilización y reparación de fisuras en losas Postensadas.....	71
Tabla 20: Presupuesto de gateo en losas postensadas.....	72
Tabla 21: Costo de reparación de Losas Postensadas por etapas.....	73
Tabla 22: Costos modificados por la reparación de las losas Postensadas.....	74
Tabla 23: Porcentaje de incidencias de vigas y losas postensadas.....	74
Tabla 24: Comparativo de Utilidades por Reparación de losas Postensadas.....	75
Tabla 25: Protocolo de instalación para el control de calidad en la	

ejecución de losas y vigas postensadas.....	94
Tabla 26: Calibración del equipo de tensado.....	96
Tabla 27: Protocolo de tensado para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas.....	99
Tabla 28: Certificado de calidad del equipo de inyectado.....	101
Tabla 29: Dosificación de lechada.....	102
Tabla 30: Protocolo de inyectado para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas.....	103

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Trayectorias de Tendones en Concreto Pretensado.....	16
Gráfico 2: Trayectorias de Tendones en Concreto Postensado.....	18
Gráfico 3: Fotografía de Torón Postensado.....	19
Gráfico 4. Fotografía de ductos apilados	21
Gráfico 5. Fotografía de Gato Hidráulico.....	24
Gráfico 6: Vista en elevación de Losa Postensada.....	25
Gráfico 7: Esquema de distribución de cargas en Losas Postensadas.....	25
Gráfico 8: Tendones concentrados en dos direcciones.....	26
Gráfico 9: Tendones distribuidos en dos direcciones.....	27
Gráfico 10: Tendones concentrados en una dirección y distribuidos en la otra.....	27
Gráfico 11: Tendones en disposición mixta concentrados y distribuidos en dos direcciones.....	28
Gráfico 12: Tendones en disposición mixta concentrados y distribuidos en una dirección.....	29
Gráfico 13: Losa postensada plana.....	30
Gráfico 14: Losa postensada con capitel.....	31
Gráfico 15: Losa postensada aligeradas	32
Gráfico 16: Losa postensada con vigas planas en dos direcciones.....	32
Gráfico 17: Losa postensada con vigas planas en una dirección.....	33
Gráfico 18: Losa postensada con vigas de canto.....	34
Gráfico 19: Ubicación del Proyecto Panorama plaza negocios.....	46
Gráfico 20: Vista 3D del Proyecto Panorama plaza negocio.....	47
Gráfico 21: Zona afectada por la deflexión.....	56
Gráfico 22: Falla de los puntales por mala modulación.....	56
Gráfico 23: Fisuras en los sótanos postensados.....	57
Gráfico 24: Grietas en los sótanos postensados.....	58
Gráfico 25: Resultado de la Pregunta 3.....	60
Gráfico 26: Resultado de la Pregunta 4.....	61
Gráfico 27: Resultado de la Pregunta 5.....	62

Gráfico 28: Resultado de la Pregunta 6.....	62
Gráfico 29: Resultado de la Pregunta 8.....	63
Gráfico 30: Resultado de la Pregunta 12.....	64
Gráfico 31: Resultado de la Pregunta 13.....	65
Gráfico 32: Zona afectada por la deflexión.....	66
Gráfico 33: Cronograma Previsto de la obra Panorama plaza negocios.....	67
Gráfico 34: Cronograma de estabilización de losas deflactadas.....	68
Gráfico 35: Cronograma con duración de reparaciones en la Obra Panorama Plaza Negocios.....	69
Gráfico 36: Datos generales del presupuesto de reparación de Losas postensadas en S10.....	73
Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas.....	84

RESUMEN

El presente estudio analiza la implementación de herramientas básicas de calidad mediante la mejora de protocolos de control y la aplicación de un diagrama de flujo en el que detalle de forma clara y didáctica los requerimientos y procesos de la instalación de sistemas de losas y vigas postensadas para asegurar la correcta utilización de este sistema, evitando trabajos posteriores de reforzamientos, levantamiento de observaciones, reparación de fisuras, etc. En las obras ejecutadas se ha venido detectando problemas típicos en el control de calidad y en la ejecución de los procesos, lo que ocasiona que no se cumpla el cronograma previsto y el presupuesto planificado para esta partida; para ello se ha realizado encuestas en 6 proyectos ejecutados con el sistema postensado y el registro de problemas típicos generados en la obra Panorama Plaza negocios dando como resultado que el personal de Ingeniería con experiencia no cuenta con ninguna herramienta de fácil entendimiento que informe al personal involucrado y menos aún con protocolos eficientes que eviten problemas típicos en la instalación de este sistema.

De los estudios presentados se confirma que la implementación de estas herramientas de calidad en obras futuras da resultados beneficiosos que ayudan con el cumplimiento de las planificaciones técnico-económicas.

Palabras clave: Diagrama de flujo, losas y vigas postensadas, reforzamientos, cronograma previsto y presupuesto planificado

ABSTRACT

This study analyzes the Implementation of Quality Tools Through Improved Protocols Quality Control and Application of UN flow chart, detailing clear and didactic Processes in Systems Installation slabs and beams postensadas for Do-efficiency ensure economic technique avoiding subsequent work reinforcers, lifting of observations, Repair cracks, etc. How have the been presented in the executed Works, detecting typical problems in the process of quality control and the execution of processes, which causes the planned schedule and budget planned for This paragraph departure is not met This has made Surveys 6 Projects executed with post-tensioning system and registry typical problems generated in the Work Panorama Plaza Business resulting m personnel experienced engineering not feature any tool of Understanding Easy to inform the involved personnel and even less so with efficient protocols to avoid typical problems in the installation of esta system.

It is concluded that the implementation of Quality Tools are in Future works, results of compliance with planned schedules and budgets planned.

Keywords: Flowchart, post-tensioned slabs and beams, reinforcements, planned schedule and planned budget.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la necesidad de las empresas de construir edificios de gran altura al menor costo posible, por lo cual en los últimos 5 años se ha aplicado el sistema de vigas y losas postensadas en edificaciones para aumentar la productividad de las obras.

El presente trabajo de investigación se realizó a causa de los constantes problemas de sobre costo y retrasos en las obras con sistema postensado en el Perú, se busca aplicar los conocimientos y herramientas que se ha adquirido a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil, planteando el objeto de estudio y diseño de las herramientas básicas de calidad bajo los requisitos establecidos en los procedimientos constructivos y técnicos, los resultados obtenidos ayudarán a mitigar o eliminar los problemas en el control de calidad, costos adicionales, incumplimientos de cronograma y proporcionará un mecanismo que complementará el sistema de gestión de calidad con el que cuentan la empresas constructoras.

En el primer Capítulo, se desarrolló el planteamiento del problema, se describe la formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación e importancia de la investigación, la formulación de la hipótesis y la identificación de variables.

En el segundo Capítulo, se menciona los antecedentes de la presente investigación, las bases teóricas relacionadas con el sistema postensado y la definición de términos.

En el tercer Capítulo, se desarrolló la metodología, se menciona el tipo y nivel de investigación, el método y diseño de la investigación, se detalla el universo, la población y la muestra que se tomara en cuenta para los análisis, y finalmente se explica la técnica e instrumentos de recolección de datos.

En el cuarto Capítulo, correspondiente al Trabajo de campo, se muestra el estado del control de calidad en edificaciones con sistema postensado y para

esto se muestra el análisis de una encuesta, también se detalla el caso de investigación con las consideraciones técnicas y económicas planificadas inicialmente antes de su ejecución y se explican los problemas frecuentes en las obras que contemplan este sistema.

En el quinto Capítulo, se desarrolla el contenido de la presentación de resultados, aquí se muestran las experiencias obtenidas de la realización de las encuestas, se desarrolla la cuantificación del impacto de los problemas presentados en el proyecto Panorama Plaza Negocios, analizando y comparando el cronograma previsto con el ejecutado y se muestra el presupuesto adicional por el levantamiento de losas postensadas, también se presentan las herramientas básicas de calidad propuestas.

En el sexto Capítulo, se explica la discusión y se muestran las conclusiones y recomendaciones a las que se llegan con la presente investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Las losas de las edificaciones son los primeros receptores de cargas de toda la estructura y están compuestas principalmente por concreto y acero, que hoy en día puede ser una combinación de acero convencional y acero activo llamado sistema postensado, este último método es relativamente nuevo en las edificaciones de nuestro país por lo cual su aplicación se realiza de manera poco confiable y los encargados de aplicarlo no cuentan con un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas por lo que desconocen los procesos que lo componen generándose malas prácticas a la hora de realizar los trabajos correspondientes, lo que trae consigo dificultades en el cumplimiento del cronograma previsto y la puesta en riesgo de la fecha de entrega de obra ya que estas partidas usualmente forman parte de la ruta crítica.

Además se ha apreciado que en las obras de edificación con sistema postensado ejecutadas en los últimos años se han presentado problemas relacionados con deflexiones y agrietamientos en losas, y que para su reparación generaron sobrecostos que repercutieron en forma negativa en el presupuesto previsto de esta partida y de toda la obra en general. También se debe reconocer que a la finalización de cada etapa de la ejecución del postensado no se aplica el debido control de los protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas, dando paso a negligencias durante su ejecución.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema Principal

Se cree que la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas influye en su eficacia técnico-económica.

1.2.2 Problemas Secundarios

a) Se piensa que la debida aplicación de un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas influye en el cronograma previsto.

b) Se piensa que el contenido de los protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas influye en el cumplimiento del presupuesto planificado.

1.3 Objetivos De La Investigación

1.3.1 Objetivo General

Proponer la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas para asegurar su eficacia técnico-económica mediante sistemas de control.

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Proponer un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas para asegurar el cumplimiento del cronograma previsto.

b) Proponer nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas para asegurar el cumplimiento de su presupuesto planificado

1.4 Justificación e Importancia de la Investigación

En la actualidad existen diversos problemas cuando se opta por la ejecución de losas postensadas y uno de los principales responsables es la poca información y/o conocimiento de los procedimientos que aseguren la calidad del producto final, es por eso que el presente trabajo permitirá establecer modelos gráficos de procesos expresados en un diagrama de flujo vinculado a la ejecución del sistema postensado y la creación de nuevos protocolos de control de calidad para evitar incumplimientos de cronogramas y presupuestos en obras de edificaciones, que para el empresariado se verá reflejado en una rentabilidad

satisfactoria e índices positivos en su utilidad, generando mayores obras de edificaciones con este sistema en el país lo cual conlleva mayor demanda laboral para el área de ingeniería y carreras similares.

1.4.1 Conveniencia

La Investigación será de interés debido a que complementara los mecanismos de calidad existentes y asegurará la realización de un buen trabajo en la construcción de vigas y losas postensadas, de esta manera se evitará incurrir en gastos no previstos y cumplir adecuadamente con la duración programada del proyecto.

1.4.2 Relevancia Social

La utilización y puesta en marcha de esta propuesta de implementación de herramientas básicas de calidad afectará de manera positiva a la economía de las empresas constructoras, asegurando una buena rentabilidad, mejorando la eficacia y la eficiencia en el uso de los recursos disponibles; además esto traerá consigo menores costos de ejecución de la obra, lo que podrá beneficiar a la población de usuarios finales de los proyectos.

1.4.3 Implicancias Prácticas

Con la implementación de estas herramientas se está mejorando la calidad del proceso de construcción de todas las vigas y losas postensadas, evitando irregularidades funcionales como deflexiones y agrietamientos en los elementos estructurales en un futuro cercano.

1.4.4 Viabilidad de la investigación

Se considera que esta tesis es viable porque se cuenta con los recursos suficientes como son: documentación contractual, acceso al expediente técnico de la obra a tomar como caso de estudio, información recopilada en campo, levantamiento de observaciones, fotografías propias, acceso a fuentes de

internet y la información sobre plazos y costos necesarios para poder llevar a cabo esta investigación.

1.5 Formulación de la Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

Proponiendo la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas se asegura su eficacia técnico-económica.

1.5.2 Hipótesis Secundarias

a) Proponiendo un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas se asegura el cumplimiento del cronograma previsto.

b) La propuesta de nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas aseguran el cumplimiento de su presupuesto planificado.

1.6 Identificación de Variables

1.6.1 Definición de Variables

La definición de variables se presenta en la Tabla 1

Tabla 1: Definición de Variables.

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN
HIPOTESIS GENERAL: Proponiendo la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas	VI: Herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas	Conjunto de técnicas graficas que se emplean en la solución de problemas relacionados a la calidad.

postensadas adheridas se asegura su eficacia técnico-económica.	VD: Eficacia técnico-económica	Capacidad de cumplimiento adecuado de funciones técnicas y económicas.
HIPOTESIS SECUNDARIA 1: Proponiendo un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas se asegura el cumplimiento del cronograma previsto.	VI: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas	Representación gráfica a través de figuras geométricas conocidas de un proceso, mostrando la secuencia de manera clara y ordenada.
	VD: Cronograma previsto	Representación gráfica de un conjunto de actividades en función del tiempo.
HIPOTESIS SECUNDARIA 2: La propuesta de nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas aseguran el cumplimiento de su presupuesto planificado.	VI: Protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas	Formatos para recolectar datos de actividades repetitivas usados para comprobar que no se está olvidando nada importante.
	VD: Presupuesto planificado	Cálculo anticipado de los costos que generarían la realización de una obra o un servicio.

Fuente: Propia

1.6.2 Operacionalización de las Variables e Indicadores

La Operacionalización e indicadores de las variables se presentan en la Tabla 2

Tabla 2: Operacionalización e indicadores de variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MEDICION
HIPOTESIS GENERAL: Proponiendo la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas se asegura su eficacia técnico-económica.	VI: Herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas	a). Existencia de No Conformidades	a). Si, No
	VD: Eficacia técnico-económica	a). Presencia de deflexiones y agrietamientos en Losas	a). Si, No
HIPOTESIS SECUNDARIA 1: Proponiendo un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas se asegura el cumplimiento del cronograma previsto.	VI: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas	a). Realización de trabajos coordinados	a). Si, No
	VD: Cronograma previsto	a). Cumplimiento de fecha de entrega de obra	a). Si, No

HIPOTESIS SECUNDARIA 2: La propuesta de nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas aseguran el cumplimiento de su presupuesto planificado.	VI: Protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas	a). Cables cortos b). Tendones obstruidos.	a). Si, No b). Si, No
	VD: Presupuesto planificado	a). Generación de gastos adicionales	a). Si, No

Fuente: Propia

Adicionalmente se presenta la Matriz de Consistencia en el Anexo 6.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Arroyo C., Mason R., Calvo J., Lima J., Martínez F., Recabado R., Calvo (2010) en la Sesión técnica monográfica contempla las características del sistema de losas postensadas, los elementos que lo componen, el campo de utilización de este sistema, la implantación en el mercado, algunas consideraciones para la calidad de su ejecución y el uso correcto de los recursos, entre otras cosas más. Todo esto con el apoyo de empresas especialistas en el tema de estructuras postensadas.

Hernández y Gil (2007) en su libro tienen como objetivo lograr que los interesados en este tipo de estructuras tengan presente los principios básicos del hormigón postensado, además tiene la peculiaridad de no estar basada solamente en la norma Española y en la Europea (EHE y Eurocodigo-2 respectivamente) sino también muestra casos prácticos comparándolos y utilizando las norma Americana (ACI-318), la Suiza (SIA-165), entre otras. También explica las pérdidas en la fuerza de pretensado que pueden ser de dos tipos instantáneas y diferidas como lo muestra la Tabla 3 (P 103)

Tabla 3: Razones que producen pérdidas de fuerza del pretensado.

Pérdidas instantáneas	Nombre EHE	Pérdidas diferidas	Nombre EHE
Rozamiento	ΔP_1	Retracción del hormigón	
Penetración de cuñas	ΔP_2	Fluencia del hormigón	ΔP_{dif}
Acortamiento elástico	ΔP_3	Relajación del acero	

Fuente: Hernández y Gil (2007) Hormigón Armado y Postensado

Instituto Nacional de Vías de Colombia INVIAS (2012) en su artículo detalla los materiales componentes del sistema postensado, además describe de manera resumida el proceso de colocación de los elementos y muestra las condiciones para el recibimiento de los trabajos, abarcando temas de control como la verificación del estado y el funcionamiento de

los equipos empleados por el constructor, las condiciones específicas de calidad de los materiales y las tolerancias. (PP 01-14).

Aguilar (2015) en su tesis compara las losas de concreto reforzado apoyadas y las losas de concreto postensado para ver los beneficios que ofrece cada uno de estos sistemas de piso.

En la comparación de los resultados la estructura con losas de concreto postensadas es 10.5% menos pesada lo cual hace que se reduzca el uso de concreto y además se genere un ahorro en materiales, resalta que las losas postensadas sufren desplazamientos ligeramente mayores pero dentro de lo normal por ser más ligeros, también se confirma que este sistema conlleva un menor tiempo de ejecución y puesta en servicio, además de funcionar perfectamente cuando hay luces grandes, llegando a la conclusión de que ambos sistemas tienen ventajas y desventajas que no se contraponen entre sí y pueden complementarse adecuadamente.

De Jesús y Sánchez (2009) en su tesis muestran el diseño de un edificio multifamiliar de 9 niveles y altura de entrepiso de 3.2 m con sistema de losas postensadas que comprende desde la descripción arquitectónica y funcional del proyecto, enmarcación de los datos necesarios para el diseño como: regularidad, zona y demás necesarios por la ingeniería antisísmica, análisis de cargas, cálculos de dimensiones, la realización del modelamiento de la estructura con el software ETABS v9.0 para verificar los desplazamientos laterales resultantes y finalmente presentan las ventajas y desventajas de este sistema.

El diseño propuesto dentro de esta tesis pretende obtener una edificación que posea mayores luces por lo tanto menor cantidad de columnas y la reducción de espesores en losas; lo que se traduce en la disminución del peso total de la edificación y esto a la vez reduce los costos de construcción, beneficiando la economía del proyecto.

Novas (2010) en su tesis indica las ventajas de la implementación de un proceso industrializado en la construcción con sistemas presforzados, además afirma que este es el camino a la solución de estructuras de baja calidad y a la generación de ventajas en la duración de la instalación y el costo final. (P 02)

Guerra (2004) en su tesis detalla la clasificación del concreto presforzado, el procedimiento de fabricación y la empleabilidad que tienen, además llega a la conclusión de que al utilizar procedimientos de construcción con elementos presforzados en las obras se logra economizar y al mismo tiempo reducir los plazos de ejecución así como mejorar la calidad requerida. (P 101)

Romero y Pérez (2012) en su tesis describe un plan de calidad que se aplicara a una obra de construcción de vivienda multifamiliar de 17 niveles, divididos en 15 pisos y 2 sótanos sobre una superficie de 1500 m². Realiza esto con el fin de dar a conocer el beneficio de la implementación del plan de calidad en obras de construcción de viviendas multifamiliares como parte de la gestión de calidad en obras de construcción. Llegando a la conclusión de para que exista una mejora continua se debe dar soluciones preventivas a las no conformidades con la finalidad de mejorar los procesos y que no se vuelvan a repetir las mismas.

Vidal (2014) en su tesis propone pautas de calidad que se deben considerar en proyectos de vivienda y los obtiene a través del análisis de los reclamos recibidos y el grado de satisfacción de los clientes; todo esto con la realización de encuestas y recopilación de datos que permitirán conocer las posibles debilidades y de esta manera retroalimenta los futuros proyectos mejorando la calidad de las edificaciones.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Reseña Histórica del Concreto Presforzado.

Harmsen (2002) en su libro sostiene que el concreto es un material resistente en compresión pero débil en tracción, por lo que es necesario modificarlo para poderlo aprovechar como un material estructural en elementos en flexión. El presforzado es una de las técnicas que se han desarrollado para esta aplicación.

Los primeros ensayos de los ingenieros alemanes Doebling en el año 1868 y Koener en el año 1907 ponían en tensión las armaduras hasta alcanzar las cargas de trabajo normales, comprimiendo el concreto antes de aplicarle las cargas externas, con el único objeto de evitar la fisuración y asegurar así la conservación de las estructuras. Después de numerosos ensayos estos investigadores abandonaron la idea porque encontraban que misteriosamente, la tracción inicial de la armadura, del orden de los 600 kg/cm² desaparecía después de un cierto tiempo, perdiéndose así el efecto que se trataba de conseguir.

Corresponde a Eugene Freyssinet el comprender las causas reales de las pérdidas de tensión por las deformaciones del concreto, a partir de sus ensayos para la construcción del puente en arco de Plougastel en 1928, y el haber ejecutado en forma práctica por primera vez elementos presforzados. Es justo reconocer que si bien Freyssinet disponía ya de materiales de alta calidad, supo utilizarlos correctamente y formar este nuevo material de construcción que es el concreto presforzado.

El concreto presforzado se desarrolló mucho a partir de 1950, particularmente por su uso en puentes y obras marítimas. El desarrollo de las aplicaciones en edificaciones ha estado muy orientado hacia la prefabricación, particularmente en los Estados Unidos. En las últimas décadas ha cobrado mucho auge el empleo de

cables, particularmente para la construcción de losas y elementos de piso (PP 587-588).

2.2.2 Concreto Presforzado

Reinoso, Rodríguez y Betancourt (2000) en su manual define que el concreto presforzado se trata de la aplicación de esfuerzos permanentes en un elemento estructural para modificar y mejorar su comportamiento de servicio e incrementar su resistencia. Los elementos que se utilizan van desde una vigueta para una casa hasta vigas para puentes de grandes luces, con utilizaciones tan variadas como superestructuras para vías de ferrocarril, tanques de almacenamiento y rehabilitación de estructuras dañadas por sismos, entre otras.

Gracias a la combinación del concreto y el acero de presfuerzo es posible producir, en un elemento estructural, esfuerzos y deformaciones que contrarresten total o parcialmente a los producidos por las cargas gravitacionales que actúan en el elemento, lográndose así diseños más eficientes.

Ventajas de la utilización de Concreto Preesforzado.

Según lo descrito los daños en las estructuras debido a deformaciones y/o agrietamientos disminuyen por la utilización del concreto preesforzado, es por eso que posee las siguientes ventajas.

- Mejor comportamiento ante cargas de servicio por el control del agrietamiento y la deflexión.
- Permite el uso óptimo de materiales de alta resistencia · Se obtienen elementos más eficientes y esbeltos, con menos empleo de material.
- La producción en serie en plantas permite mayor control de calidad y reducción de costos.

- Mayor rapidez de construcción al atacarse al mismo tiempo varios frentes o construirse simultáneamente distintas partes de la estructura; esto en general conlleva importantes ventajas económicas en un análisis financiero completo.

Desventajas de la utilización de Concreto Preesforzado.

Conviene también mencionar algunas desventajas que en ocasiones pueden surgir en ciertas obras.

- En general, la inversión inicial es mayor por la disminución en los tiempos de construcción
- Se requiere también de un diseño relativamente especializado de conexiones, uniones y apoyos
- Se debe planear y ejecutar cuidadosamente el proceso constructivo, sobre todo en las etapas de montaje e instalación in situ.
(PP 03-05)

2.2.3 Sistema Pretensado

Reinoso, Rodríguez y Betancourt (2000) en su manual define pretensado como el método de presfuerzo en el cual los tendones se tensan antes de que el concreto endurezca. Se requiere de moldes (bloques de concreto enterrados en el suelo) que sean capaces de soportar el total de la fuerza de presfuerzo durante el fraguado y curado del concreto antes de cortar los tendones y que la fuerza pueda ser transmitida al elemento.

Por lo general se fabrican en serie dentro de plantas con instalaciones adecuadas, donde se logra la reutilización de encofrado metálico o de concreto y se pueden presforzar en una sola operación varios elementos, los más comunes son viguetas, prelosas, vigas y gradas, que serán posteriormente montados en edificios, naves industriales, puentes, estadios, etc.

La acción del presfuerzo en el concreto pretensado es interna ya que el anclaje se da por adherencia. Las trayectorias del presfuerzo son siempre rectas y en moldes adaptados es posible hacer desvíos para no provocar esfuerzos excesivos en los extremos. En aquellas secciones donde el presfuerzo resulte excesivo, como en los extremos de vigas simplemente apoyadas sin desvío de torones, se debe disminuir la fuerza de presfuerzo.

En el Gráfico 1 se muestran las trayectorias de estos tendones: a) Trayectoria Horizontal, b) Desvío de Torones y c) Producción en Serie. (PP 05-06)

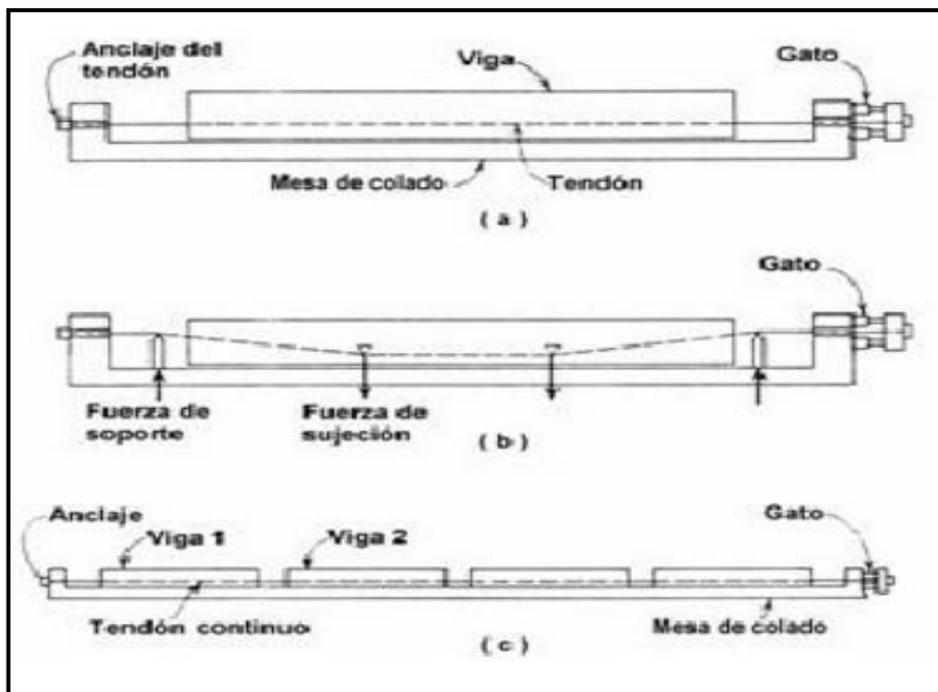


Gráfico 1: Trayectorias de Tendones en Concreto Pretensado.

Fuente: Manual de diseño de Estructuras Prefabricadas Y Presforzadas

2.2.4 Sistema Postensado

Reinoso, Rodríguez y Betancourt (2000) en su manual afirma que el postensado consiste en tensar los tendones y anclarlos en los

extremos de los elementos estructurales después de que el concreto ha fraguado y alcanzado la resistencia necesaria para esto.

Previo al vaciado de concreto se dejan instalados los ductos perfectamente fijos en la trayectoria de diseño, colocando las alturas y las separaciones especificadas en los planos y logrando las flechas deseadas. Posteriormente los ductos serán rellenos con lechada una vez que el acero de presfuerzo haya sido tensado y anclado. La función primordial de la lechada es la de proteger a los cables de presfuerzo de la corrosión y evitar movimientos relativos entre los torones en el momento en que sea sometido a cargas dinámicas. En el postensado la acción del presfuerzo se aplica de manera externa y los tendones se anclan al concreto con cuñas que se colocan en los extremos del tendón.

Este sistema puede ser fabricado en planta o hecho in situ. Es común ver que se utilicen para vigas de grandes luces, losas de edificaciones, dovelas para puentes, tanques de agua, etc.

Por lo general en este sistema la trayectoria suele ser curvilínea, lo que compensa a los momentos debido al peso propio y a los producidos por las cargas que reciba. El Gráfico 2 muestra las trayectorias de este presfuerzo. (P 06)

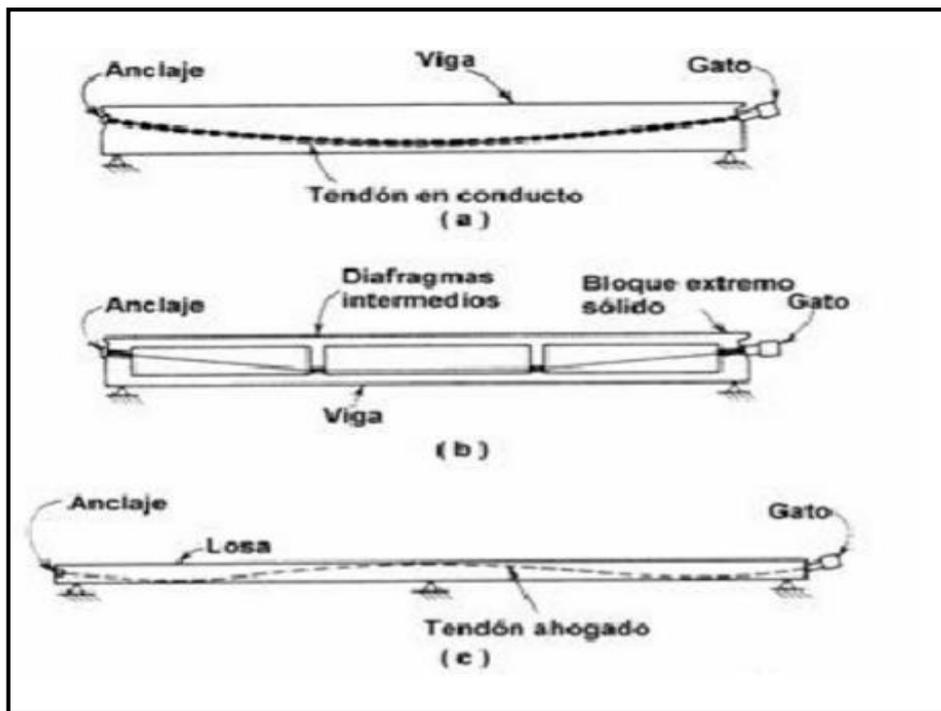


Gráfico 2: Trayectorias de Tendones en Concreto Postensado.

Fuente: Manual de diseño de Estructuras Prefabricadas Y Presforzadas

2.2.5 Características de los materiales y/o elementos del sistema postensado

El sistema Postensado es la suma de las partes que lo componen, es decir, es el resultado final y está conformado de la siguiente manera:

Acero Activo

Específicamente vienen a ser los Torones (Ver Gráfico 3).

ASTM (2006) indica que es “Un grupo de alambres que tiene un alambre central encerrado firmemente por seis alambres exteriores colocados en forma helicoidal” (P 02)



Grafico 3: Fotografía de Torón Postensado

Fuente: Propia

Los Torones deben de cumplir los indicadores de resistencia a la rotura que figuran en la Tabla 4.

Tabla4. Resistencia a la rotura de Torones

Designación de Torón N°	Diámetro de Torón, mm [in.]	Resistencia a la Rotura Mínima del Torón, kN [lbf]	Área de Acero del Torón, mm ² [in. ²]	Peso del Torón kg/1000 m [lb/1000 ft]
Grado 1725 [250]				
6	6.4 [0.250]	40.0 [9 000]	23.2 [0.036]	182 [122]
8	7.9 [0.313]	64.5 [14 500]	37.4 [0.058]	294 [197]
9	9.5 [0.375]	89.0 [20 000]	51.6 [0.080]	405 [272]
11	11.1 [0.438]	120.1 [27 000]	69.7 [0.108]	548 [367]
13	12.7 [0.500]	160.1 [36 000]	92.9 [0.144]	730 [490]
15	15.2 [0.600]	240.2 [54 000]	139.4 [0.216]	1094 [737]
Grado 1860 [270]				
9	9.53 [0.375]	102.3 [23 000]	54.8 [0.085]	432 [290]
11	11.11 [0.438]	137.9 [31 000]	74.2 [0.115]	582 [390]
13	12.70 [0.500]	183.7 [41 300]	98.7 [0.153]	775 [520]
13a	13.20 [0.520]	200.2 [45 000]	107.7 [0.167]	844 [568]
14	14.29 [0.563]	230.0 [51 700]	123.9 [0.192]	970 [651]
15	15.24 [0.600]	260.7 [58 600]	140.0 [0.217]	1102 [740]
18	17.78 [0.700]	353.2 [79 400]	189.7 [0.294]	1487 [1000]

Fuente: Norma ASTM 416/A416M-06

Acero pasivo.

Es el acero convencional que se suele usar en todas la obras, son barras de acero de sección redonda con la superficie estriada o con resaltes para facilitar su adherencia al concreto. Las barras para construcción se identifican por su diámetro, que puede ser en pulgadas o milímetros y la longitud usual es de 9 m de largo. (Ver Tabla 5)

Tabla 5. Dimensiones de las Barras de Acero

DIÁMETRO DEL FIERRO.	ÁREA NOMINAL mm ²	PESO NOMINAL kg/mt	PESO MÍNIMO* kg/mt
6 mm	28	0.222	0.207
8 mm	50	0.395	0.371
3/8"	71	0.56	0.526
12 mm	113	0.888	0.835
1/2"	129	0.994	0.934
5/8"	199	1.552	1.459
3/4"	284	2.235	2.101
1"	510	3.973	3.735
1 3/8"	1006	7.907	7.433

Fuente: Manual del Maestro Constructor – Aceros Arequipa

Ductos

Son elementos metálicos con forma corrugada que proveen las cavidades en el concreto para la colocación de cables de postensado, son de estructura rígida o semirrígida que quedan embebidos dentro del concreto, son de metal galvanizado, los ductos rígidos tienen paredes interiores suaves y son capaces de sufrir curvaturas hasta los límites requeridos sin sufrir achatamiento, además son capaces de transferir los esfuerzos de contacto y conservar su forma bajo el peso del concreto, manteniendo el alineamiento sin pandeos visibles durante la colocación del vaciado.

El Gráfico 4 muestra una fotografía de los Ductos antes de la instalación en obra.



Gráfico 4. Fotografía de ductos apilados.

Fuente: Propia

Abrazaderas

Las abrazaderas son dispositivos compuestos por las mismas características y materiales que los ductos, con la diferencia de que miden entre 20 y 30 cm y tienen la función de asegurar la unión que se forma cuando se juntan dos ductos consecutivos.

Cuñas

Son elementos de anclaje que aseguran la transmisión de las fuerzas de tensado al concreto, van colocados en los extremos de borde vivo de los tendones y también cumplen la función de asegurar que no se produzca la retracción de los cables producto del tensado.

FTU

Es un dispositivo metálico que va colocado en todos los bordes vivos de los tendones, posee un pase que se conecta a una pequeña manguera y permite el ingreso de lechada al momento de la inyección

Cabezal

Es una pieza metálica de forma circular que conjuntamente con el FTU, las cuña y el acople conforman el borde vivo. El cabezal tiene la función de proveer soporte a las cuñas y de esta manera tengan un lugar donde sujetarse a sí mismas y a los torones a la vez.

Acoples

Son dispositivos de material plástico que sirve de transición entre el ducto y el FTU, ayuda a crear una mejor conexión entre el borde vivo con el ducto, por aquí ingresan los torones antes de pasar a los ductos.

Sillas Flex

Es un pequeño objeto de material plástico que permite colocar mangueras de ventilación e inyección a lo largo del tendón de postensado.

Cinta Denso

Definida como una cinta engrasada que se coloca en los bordes muertos con el fin de impedir el ingreso de concreto al interior del ducto.

Lechada.

Es el fluido con el cual se rellenan los ductos de cada tendón cuando ya se han tensado los torones, deberá tener una consistencia que facilite su inyectado; por lo general la relación agua/cemento es de 0.45. Para su fabricación, el agua y el cemento se introducen en el depósito de mezcla, si se emplea algún aditivo, éste se deberá agregarse en la segunda mitad del tiempo de mezclado, a no ser que el fabricante recomiende algo diferente. El tiempo de

mezclado dependerá del tipo de mezclador utilizado, pero deberá ser el suficiente para obtener una lechada uniforme, sin exceso de incrementos de temperatura o pérdida de propiedades expansivas del aditivo, pero no puede ser menor de 4 minutos. La lechada deberá ser permanentemente agitada durante el bombeo. No se permitirá la adición de agua para incrementar la manejabilidad de la mezcla, cuando ésta haya disminuido por uso tardío de la lechada.

Concreto

Mezcla de agregado fino, agregado grueso, cemento, agua y aditivo que al fraguar adquiere una gran resistencia a la compresión. Con respecto al postensado, las fuerzas de presfuerzo no deberán ser aplicadas o transferidas al concreto hasta que éste no haya alcanzado la resistencia mínima especificada en los planos.

Se suele trabajar con concretos de resistencias superiores a los 250 kg/cm² y para poder tensar al poco tiempo del vaciado se recomienda utilizar concreto de alta resistencia inicial, de forma que alcance el 60 a 70% de la resistencia de diseño en un plazo de 3 días.

Mezcladora

Es un equipo capaz de realizar una mezcla mecánica continua que produce una lechada libre de grumos y cemento no disperso, funciona conjuntamente con una bomba de inyección y equipo de limpieza con suministro de agua. El equipo permite el bombeo de la lechada de forma continua y sin interrupciones salvo se decida lo contrario, además tiene accesorios que proporcionan medidas de los sólidos y líquidos para obtener una mezcla adecuada, entre el mezclador y la bomba se debe haber un filtro a través del cual se tamizará la lechada, este filtro deberá ser de fácil inspección y limpieza.

Gato Hidráulico

Equipo en forma de cañón que se utiliza para presforzar los torones, posee un sistema interno de colocación de cuñas, las cuales se aseguran de

forma automática en el preciso instante en que se llega a la fuerza de tensado requerida. (Ver Gráfico 5)

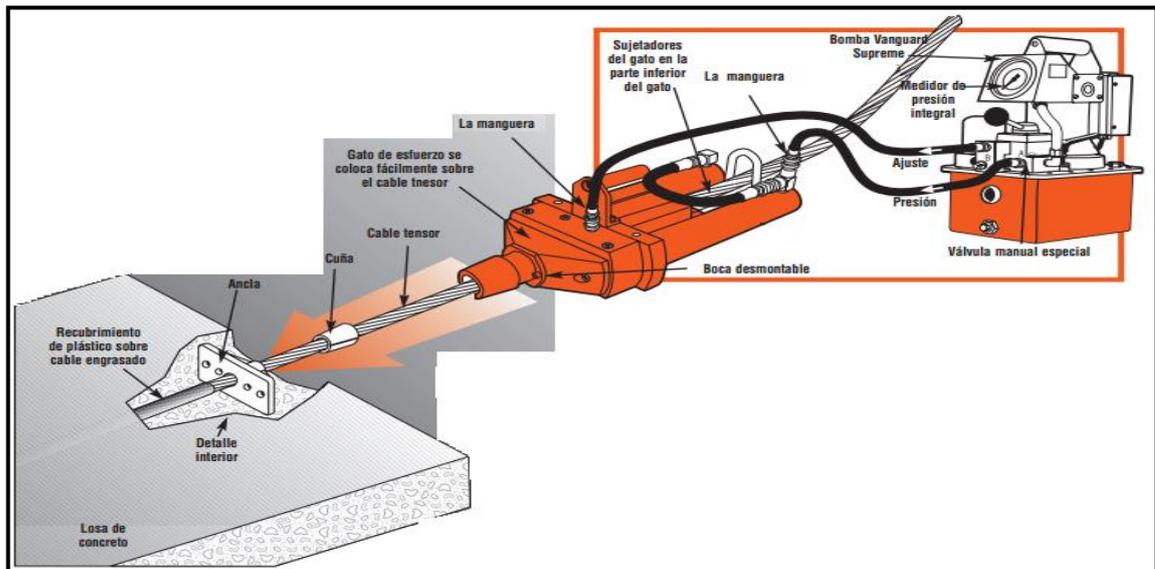


Gráfico 5. Fotografía de Gato Hidráulico.

Fuente: Ficha tecnica de Materiales - CCL

2.2.6 Tipología del Sistema de Losas Postensadas.

Arroyo C., Mason R., Calvo J., Lima J., Martínez F., Recabado R., Calvo (2010) clasifica el Sistema de Losas Postensadas según el trazo de tendones y la forma de la losa.

Tipología de acuerdo al Trazado de Tendones

a) Trazo Vertical

El trazo vertical de los Torones y/o tendones está conformado por segmentos parabólicos a lo largo de gran parte de su longitud, con curvaturas inferiores máximas en los centros de las losas y curvaturas superiores máximas en los ejes de los pilares; de esta manera se contrarrestan de forma adecuada los efectos producidos por las fuerzas de punzonamiento. (Ver Gráfico 6)

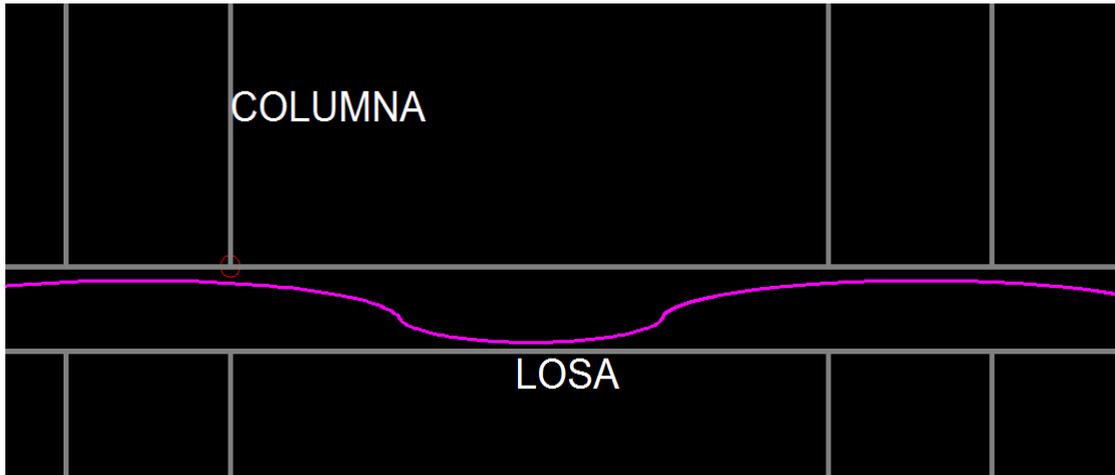


Gráfico 6: Vista en elevación de Losa Postensada.

Fuente: Propia

b) Trazo Horizontal

La transferencia de cargas desde el interior de un vano de una losa plana hacia los pilares, se realiza de la siguiente manera: los tendones de vano trasladan las cargas a los tendones sobre pilares y estos a los pilares. (Ver Gráfico 7)

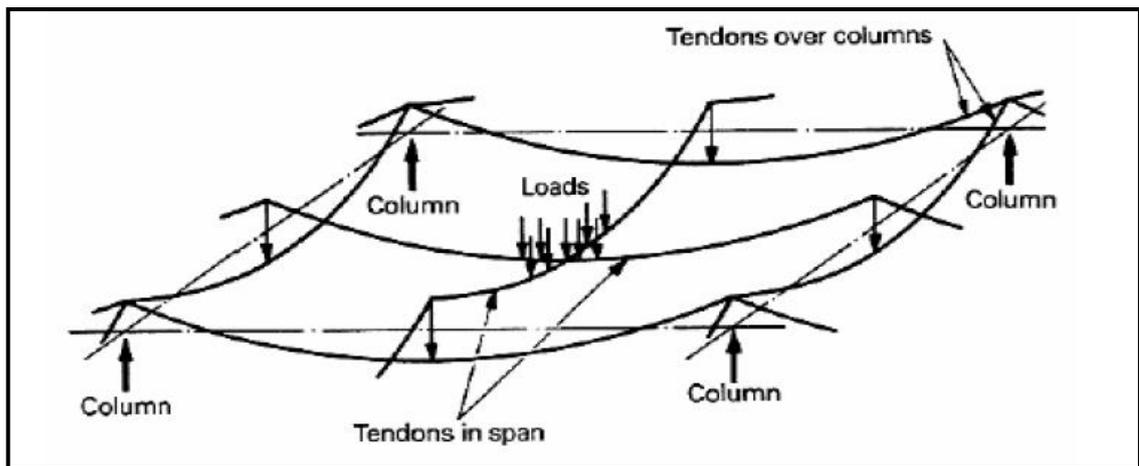


Gráfico 7: Esquema de distribución de cargas en Losas Postensadas

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

A partir de este concepto se plantean 4 soluciones para la disposición en planta de los cordones.

- **Concentrados en dos direcciones.**

Esta colocación de tendones concentrados sobre pilares en las dos direcciones obliga a contar con una gran cantidad de armadura pasiva para llevar las cargas desde el centro de las losas hasta la línea de pilares. Entre los anclajes de las bandas se genera una zona en la cual no llegan las compresiones, y por consiguiente es necesario disponer de armaduras laterales. (Ver gráfico 8)

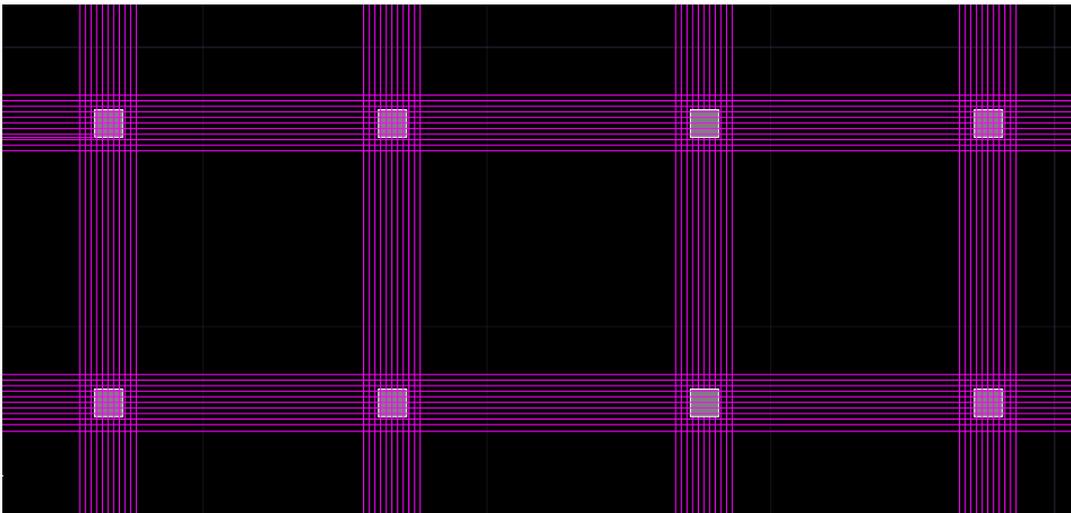


Gráfico 8: Tendones concentrados en dos direcciones

Fuente: Propia

- **Distribuidos en dos direcciones.**

Esta alternativa es muy eficiente estructuralmente, presenta menores deformaciones que el de distribución concentrada en dos direcciones, pero tiene una gran desventaja constructiva ya que se deben trenzar los tendones para formar una especie de canasta, comenzando por el grupo que está por debajo de todos los demás, lo que implica una mayor planificación y coordinación de la secuencia de instalación, además no se aprovechan los beneficios frente a esfuerzos de punzonamiento. (Ver Gráfico 9)

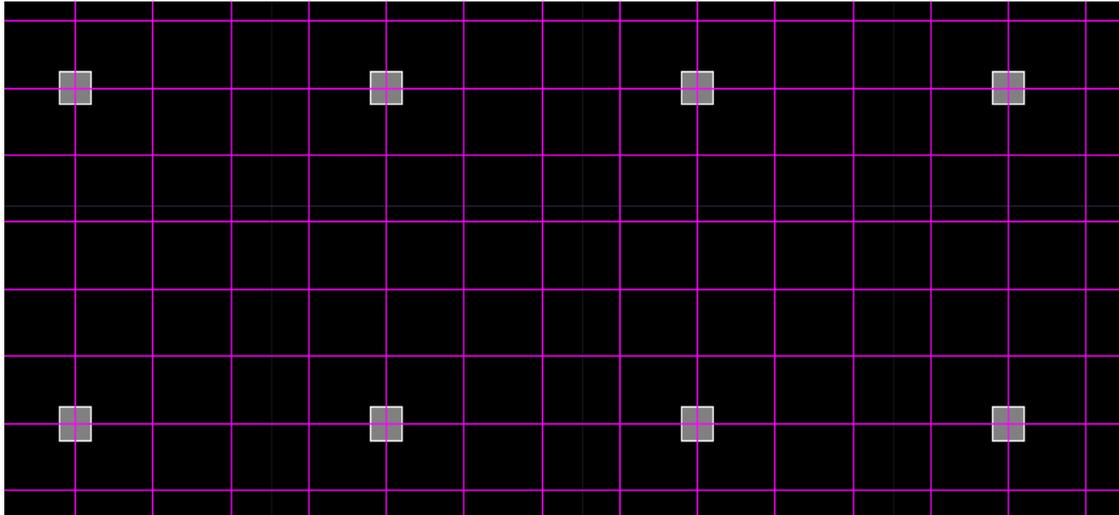


Gráfico 9: Tendones distribuidos en dos direcciones

Fuente: Propia

- **Concentrados en una dirección y distribuidos en la otra.**

Constructivamente se eliminan todas las interferencias salvo un grupo de los distribuidos sobre los pilares, esta distribución es la más utilizada por su simplicidad. Numerosos ensayos y millones de metros cuadrados de losas postensadas con este tipo de distribución en losas planas con distribución irregular de pilares han demostrado ser la mejor manera de que toda la carga de la losa se transfiera a los pilares. (Ver Gráfico 10)

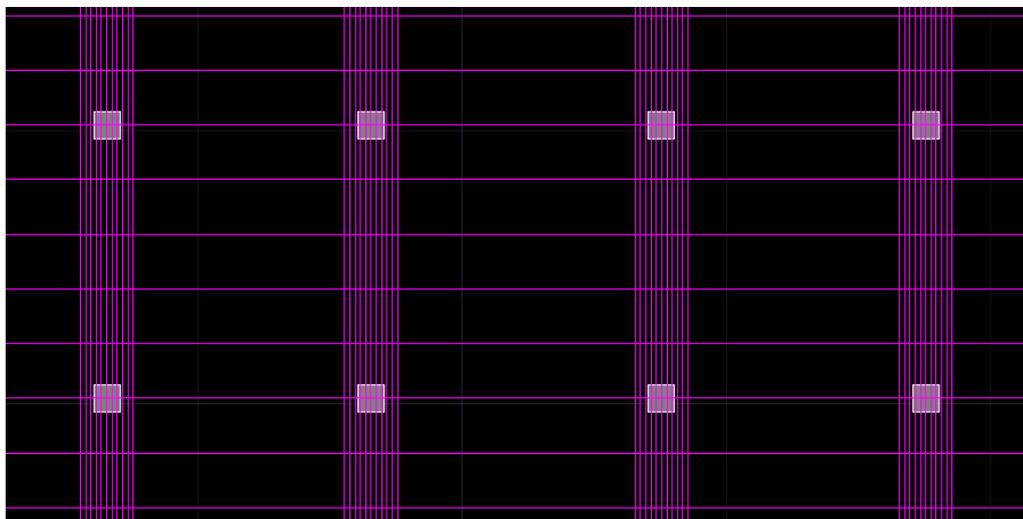


Gráfico 10: Tendones concentrados en una dirección y distribuidos en la otra

Fuente: Propia

- ***Disposiciones mixtas.***

Esta distribución concentra la mitad de los tendones sobre pilares y distribuye los restantes de manera uniforme, esto se puede hacer en una o dos direcciones, la más usual es la combinación de tendones concentrados sobre pilares y distribuidos en una dirección; de esta manera se busca satisfacer a facilidad constructiva con la eficiencia estructural y mejorar la resistencia a punzonamiento. (Ver Gráficos 11 y 12)

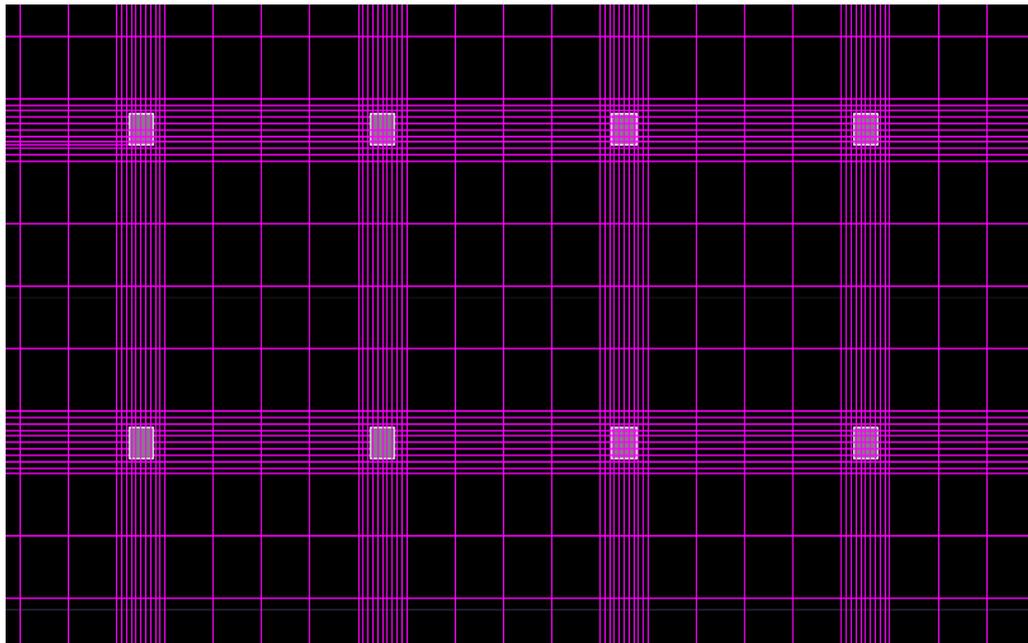


Gráfico 11: Tendones en disposición mixta concentrados y distribuidos en dos direcciones.

Fuente: Propia

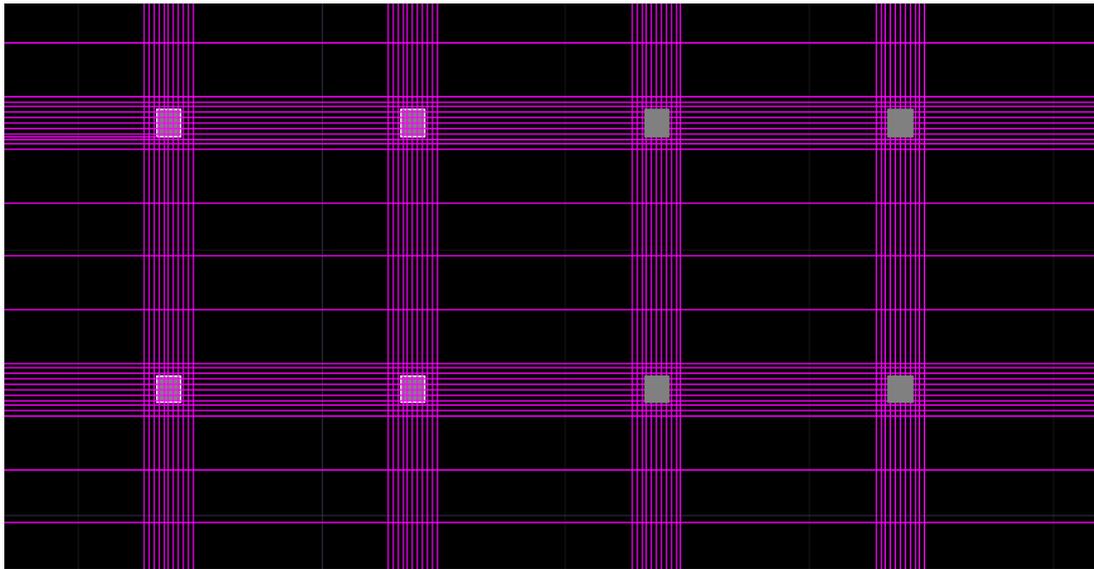


Gráfico 12: Tendones en disposición mixta concentrados y distribuidos en una dirección.

Fuente: Propia

Tipología de acuerdo a la forma de la Losa

Esta tipología es parecida a la que emplean comúnmente en concreto armado y para esta ocasión con respecto a losas postensadas se divide en sistemas unidireccionales y bidireccionales.

a) Sistema Bidireccional.

- Losas Planas.

Este tipo de losas funciona eficientemente para un rango de luz que se encuentre entre los 7 a 10m y que sea sometido a cargas ligeras y/o medias, la ventaja es que su encofrado es muy sencillo y es bastante flexible en la disposición de sus pilares, la desventaja es que a medida que aumenta la luz aparecen problemas de punzonamiento o también congestión de armadura pasiva sobre apoyos, para vanos largos tiene mucho consumo de hormigón y 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.

Con respecto al trazo de tendones se puede utilizar cualquiera de ellos, pero el más utilizado es el mixto que proveen una mejor compensación de cargas y por lo tanto menor deformación cuando la losa este en servicio. (Ver Gráfico 13)

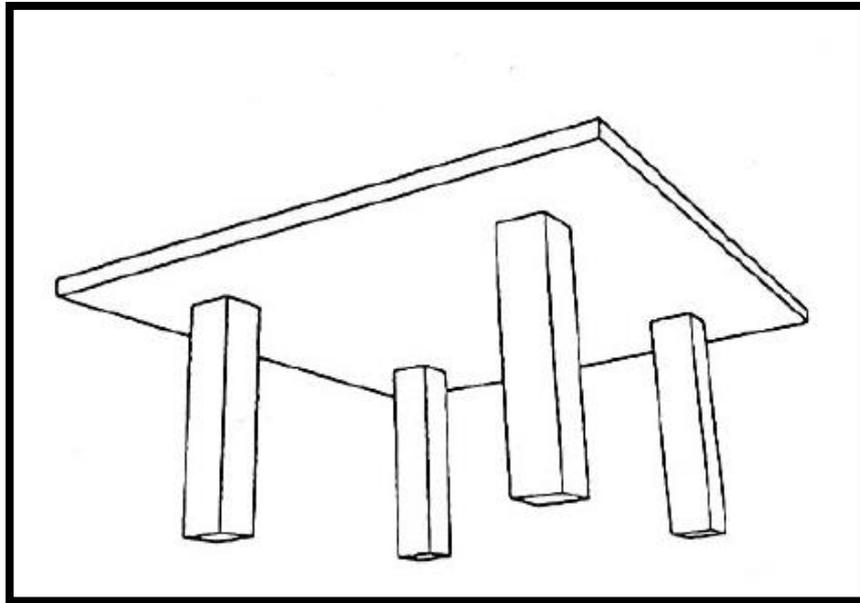


Gráfico 13: Losa postensada plana

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

- **Losas con Capiteles**

Estas losas funcionan eficientemente hasta un máximo de luz de 13 m y que sea sometido a cargas medias, las ventajas son que los capiteles incrementan la resistencia a los esfuerzos por punzonamiento, además amplifican la capacidad de resistencia frente a momentos sobre pilares y para la ejecución de losas amplias se ocupa menor cantidad de concreto. La desventaja radica en que el encofrado es más complicado y durante la instalación del postensado se produce la obstrucción de pases para poder ingresar los tendones por los lugares donde están los capiteles.

Con respecto al trazo de tendones se puede emplear cualquiera de ellos, pero el más utilizado es el mixto. (Ver Gráfico 14)

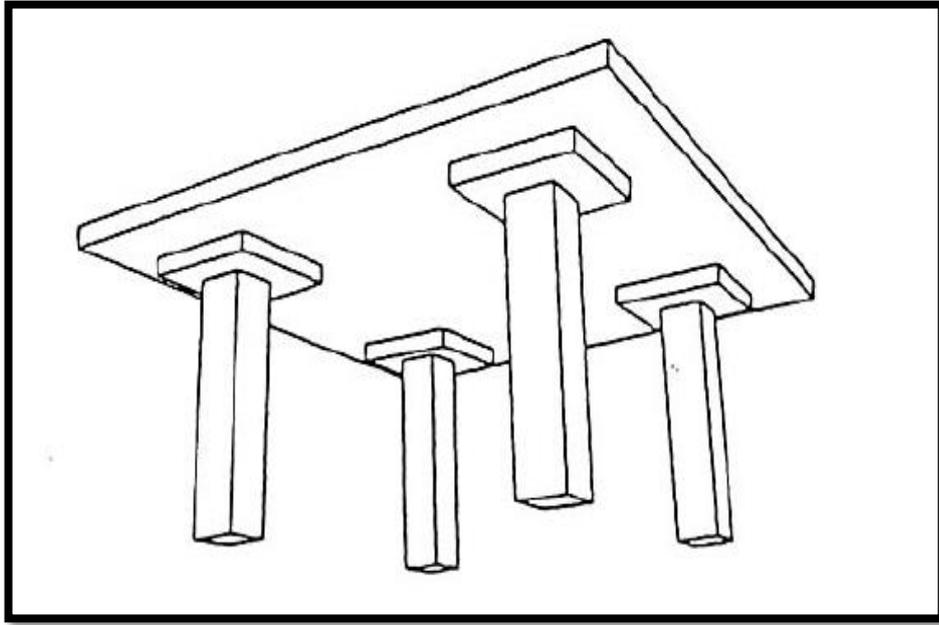


Gráfico 14: Losa postensada con capitel

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

- ***Losas Aligeradas***

Las losas aligeradas postensadas funcionan para una longitud de luz máxima de 13 m y posee una ventaja similar al de la losa postensada plana, es decir que es bastante flexible en la disposición de sus pilares y una característica propia es que posee menor peso propio por m² por lo tanto se puede cubrir mayores luces con el mismo peso, la desventaja de este tipo de losa es que su proceso de encofrado es un poco complicado y se requiere de mayor precisión a la hora de instalar debido al espesor de la losa y los recubrimientos mínimos que se deben de tener en cuenta. Estas losas pueden realizarse con bloques perdidos de material ligero o casetones recuperables.

Para este caso el trazo que se suele utilizar es el de la disposición distribuida (Ver Gráfico 15)

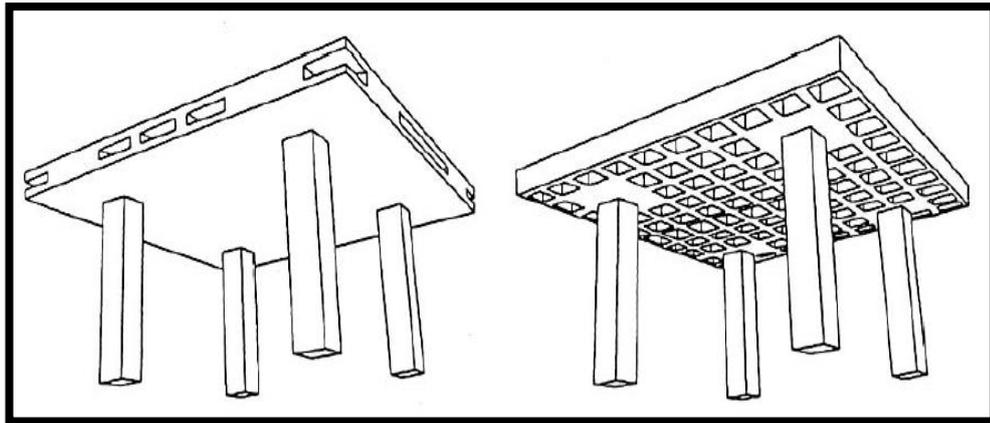


Gráfico 15: Losa postensada aligeradas

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

- **Vigas planas en dos direcciones con Losa**

Este tipo de losa postensada se recomienda cuando las luces en ambas direcciones superan los 13 o 15 m y está sometido a cargas medias a pesadas, la ventaja es que posee una gran capacidad de carga pero, pero su utilización no es muy común debido a los elevados costos en el encofrado, la mano de obra especializada por la complicación en el tendido de los tendones.

Con respecto a la disposición en planta esta puede ser concentrada en ambas direcciones o mixta en ambas direcciones. (Ver Gráfico 16)

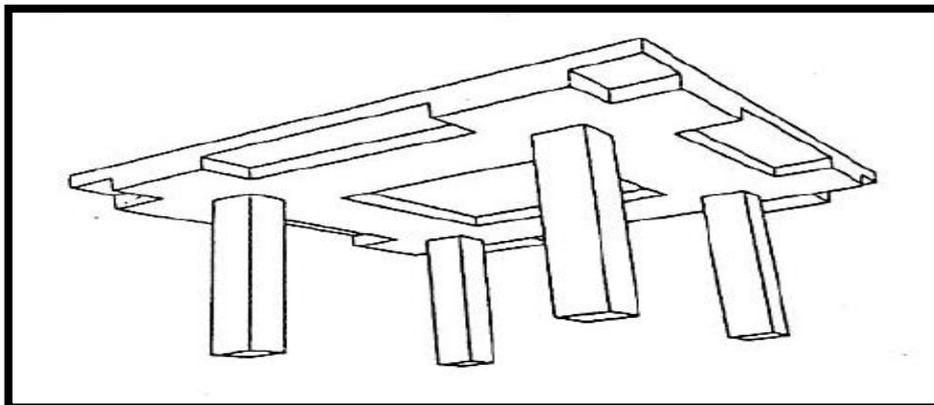


Gráfico 16: Losa postensada con vigas planas en dos direcciones

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

b) Sistema Unidireccional.

- Vigas planas unidireccionales con Losa

Este caso en particular es bastante usual cuando las luces que posee la losa tienen grandes diferencias en ambas direcciones, la viga plana puede llegar a cubrir como máximo 20 m y la losa hasta 10 m de longitud, la ventaja de este tipo de losa es que permite tener ambientes suficiente espaciosos y la desventaja es la dificultad de la instalación del postensado dentro de la viga por la distribución de acero pasivo dentro de esta misma.

Con respecto a la disposición en planta los tendones se colocan concentrados en las vigas y se distribuyen uniformemente en la losa. (Ver Gráfico 17)

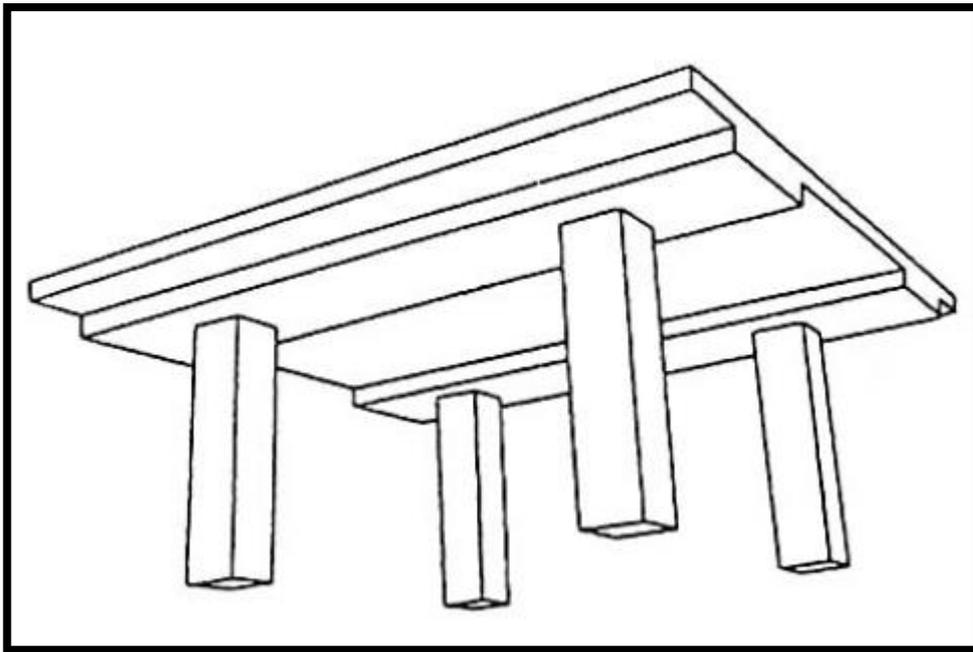


Gráfico 17: Losa postensada con vigas planas en una dirección

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

- Vigas de canto unidireccional con Losa

Este tipo de losa al igual que el de vigas planas unidireccional se emplea cuando las luces que posee la losa tienen grandes diferencias en ambas direcciones, con la diferencia de que las vigas de canto permiten tener luces mayores a los 20 m de longitud, la ventaja de este tipo de losa es que permite

tener ambientes espaciosos y la desventaja es la dificultad de la instalación del postensado dentro de la viga por la distribución de acero pasivo dentro de esta misma.

Con respecto a la disposición en planta los tendones se colocan concentrados en las vigas y se distribuyen uniformemente en la losa. (Ver Gráfico 18)

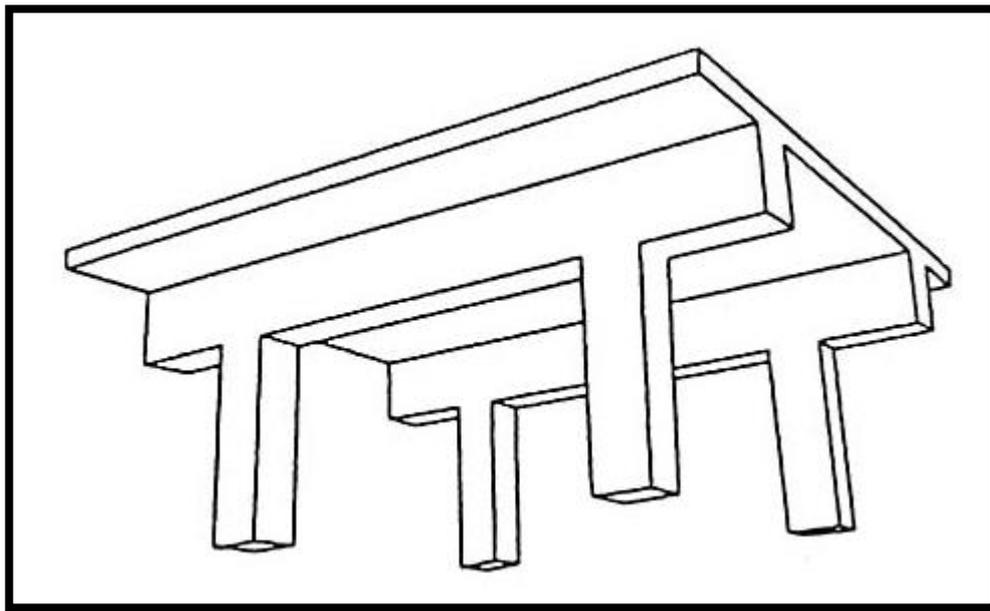


Gráfico 18: Losa postensada con vigas de canto

Fuente: Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES

2.2.7 La Guía del PMBOK.

PMBOK es la palabra abreviada de Project Management Body of knowledge desarrollada por el Project Management Institute (PMI) y es un manual que define las buenas practicas que están relacionadas con la gestión, la administración y la dirección de proyectos.

Establece que la utilización de procesos, habilidades, herramientas, técnicas y conocimientos tienen impacto considerable en el éxito de una amplia variedad de proyectos y define claramente que las buenas practicas no deben

de aplicarse siempre de la misma forma para todos los proyectos, sino que el grupo conformado por la organización o la dirección de proyectos serán los responsables de definir qué será lo más apropiado para cada proyecto en específico.

2.2.8 Gestión de Calidad del Proyecto

Project Management Institute PMI (2013) afirma que la Gestión de la Calidad del Proyecto incluye los procesos y actividades de la organización ejecutora que establecen las políticas de calidad, los objetivos y las responsabilidades de calidad para que el proyecto satisfaga las necesidades para las que fue acometido.

La Gestión de la Calidad del Proyecto utiliza políticas y procedimientos para implementar el sistema de gestión de la calidad de la organización en el contexto del proyecto, y, en la forma que resulte adecuada, apoya las actividades de mejora continua del proceso, tal y como las lleva a cabo la organización ejecutora. La Gestión de la Calidad del Proyecto trabaja para asegurar que se alcancen y se validen los requisitos del proyecto, incluidos los del producto.

Los procesos son los siguientes.

- ***Planificar la Gestión de la Calidad***

Consiste en definir los requisitos de calidad para el proyecto y sus entregables, además de mostrar cómo se cumplirá con estos mismos.

- ***Realizar el Aseguramiento de Calidad***

Consiste en Auditar los requisitos de calidad y los resultados de las mediciones de control de calidad, para asegurar que se utilicen las normas adecuadas.

- ***Controlar la Calidad***

Consiste en monitorear y registrar los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad, de esta manera evaluar el desempeño y realizar una retroalimentación. (P 227)

Herramientas Básicas de Calidad

Project Management Institute PMI (2013) indica que las Herramientas Básicas de la Calidad son instrumentos operativos que ayudan en el proceso de la mejora continua, se utilizan para analizar, definir y proponer soluciones a los problemas que interfieren en el desempeño de los procesos organizacionales.

- ***Protocolos de Liberación***

Los Protocolos de Liberación son también determinados como hojas de verificación o Checklists, se pueden utilizar como lista de control a la hora de recopilar información. Las hojas de verificación se utilizan para organizar los hechos de manera que se facilite la recolección de un conjunto de datos útiles sobre un posible problema de calidad. Son especialmente útiles a la hora de recoger datos durante la realización de inspecciones para identificar defectos.

- ***Diagramas de Flujo***

Los Diagrama de Flujo son también conocidos como mapas de procesos, debido a que muestran la secuencia de pasos y las posibilidades de ramificaciones que existen en un proceso que transforma una o más entradas en una o más salidas. Los diagramas de flujo muestran las actividades, los puntos de decisión, las ramificaciones, las rutas paralelas y el orden general de un proceso. (P 236)

2.3 Definición de Términos

Losa: Estructura plana horizontal de hormigón armado que separa un nivel de una edificación de otro o que puede servir de cubierta.

Viga: Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

Sistema Postensado Adherido: Sistema que posterior al tensado de los torones es inyectado con lechada hasta rellenar todos los ductos, de esta manera el tensado no depende solamente de los anclajes, sino también de la adherencia con el concreto.

Tensión: Procedimiento de acción de fuerzas opuestas a que está sometido un cuerpo

Borde Vivo: Se conoce como borde vivo al lado por el cual se tensan los Tendones.

Borde Muerto: Se conoce como borde muerto al lado por el cual no se tensan los tendones.

Sillas: Instrumentos de acero que sirven como apoyo y aseguramiento de que los tendones alcancen las alturas verticales de diseño.

PMBOK: De las siglas en inglés “Guide to the Project Management Body of Knowledge” - Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Como su nombre lo sugiere describe un conjunto de conocimientos y de prácticas aplicables a cualquier situación que requiera formular, las cuales han sido concebidas luego de evaluación y consenso entre profesionales sobre su valor y utilidad.

PMI: De las siglas en inglés “Project Management Institute” – Instituto de Gestión de Proyectos. Es la asociación profesional sin fines de lucro más importante y de mayor crecimiento a nivel mundial que tiene como misión convertir a la gerencia

de proyectos como la actividad indispensable para obtener resultados en cualquier actividad de negocios

Cronograma de Obra: Es una representación gráfica y ordenada con tal detalle para que un conjunto de funciones y tareas se lleven a cabo en un tiempo estipulado y bajo unas condiciones que garanticen la optimización del tiempo en obra.

Presupuesto de Obra: Son mediciones de carácter económico, que tienen como finalidad dar una idea aproximada y lo más real posible del importe de la ejecución del proyecto.

Protocolos: En construcción es un documento de control (revisión, registro) en el cual establecen por norma o por costumbre una serie de reglas que se siguen para el procedimiento de la buena ejecución de las obras, que son requeridas para atestiguar o testificar el cumplimiento normativo de estas.

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La investigación es de enfoque cualitativo porque recolecta datos no numéricos para poder esclarecer preguntas relacionadas con la investigación, además es cuantitativo debido a que analiza la información utilizando sistemas numéricos para corroborar las hipótesis planteadas. El tipo de investigación es descriptivo porque se seleccionan los cuestionamientos y se obtiene información sobre ellos para de esta manera describirlos.

3.1.2 Nivel de Investigación

La investigación tiene un Nivel mixto el cual es descriptivo–explicativo debido a que se caracterizan los hechos y se plantea el porqué de estos mismos, además es correlacional ya que las variables tienen relación entre si.

3.2 Método y diseño de la investigación

3.2.1 Método de Investigación

- Recopilación de Información en investigaciones similares, datos de la empresa especialista e información vinculada a la ejecución del sistema de vigas y losas postensadas, del expediente técnico y de los informes y apuntes realizados durante la ejecución de la obra.
- Realización de cuestionarios para la obtención de información que faciliten la estructuración de gráficos y tablas con el fin de determinar la necesidad de lo propuesto en la tesis.
- Revisión y análisis de la información obtenida, poniendo énfasis en la vinculación con la problemática de la tesis de estudio.
- Realización el cronograma para la estabilización de las losas postensadas, también el presupuesto para los trabajos de estabilización,

reparación de fisuras y gateo para compararlos con el cronograma y el presupuesto inicialmente previstos; esto debido a que durante la ejecución física de la obra ocurrieron desviaciones entre lo planificado y lo realizado, también se proponen las herramientas básicas de calidad

- Formulación de la discusión, conclusiones y posteriormente las correspondientes recomendaciones.

3.2.2 Diseño de Investigación

La presente investigación es de diseño no experimental debido a que los hechos ya sucedieron en el pasado y de subdivisión transversal porque se recolectaron datos en un solo momento de tiempo.

3.3 Universo, población y muestra

Universo: Las obras de edificaciones con losas y vigas postensadas adheridas del Perú

Población: Las obras de edificaciones con losas y vigas postensadas adheridas de Lima.

Muestras consideradas para la realización de las encuestas sobre la aplicación del sistema postensado en edificaciones en Lima.

- Panorama Plaza Negocios ubicada en Surco,
- Edificio para Oficinas Navarrete ubicada en San Isidro,
- Torre Javier Prado ubicada en San Isidro;
- Polideportivo ESAN SUM ubicado en Surco;
- Edificio ICHMA ubicado en San Isidro;
- Edificio Juan de Arona ubicado en San Isidro ;

Para fines del análisis específico de costos y programación se tomará como caso de estudio la Obra Panorama Plaza Negocios.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos empleados en la realización de la presente tesis se clasifican de la siguiente manera:

Observación Científica: sabiendo lo que se quiere observar y para que se desea hacerlo, recurriendo a la observación directa, estructurada y de campo; además se emplearon útiles de oficina e información de trabajo en obra.

Registro y recolección de datos: Se registró la información de actividades técnicas, constructivas y administrativas de gestión del proyecto, empleando procedimientos de medición que facilitaron la recopilación de datos fiables sobre el objeto de estudio, se utilizaron cuadros y tablas estadísticas para así poder responder a las preguntas planteadas.

CAPÍTULO IV: TRABAJO DE CAMPO

4.1 Control de calidad en obras de edificaciones con sistema postensado

Para tener una apreciación general sobre los principales problemas que se presentan en las obras se realizó encuestas en 6 proyectos con losas y vigas postensadas.

4.1.1 Análisis de Encuesta

Aspectos Generales.

Como parte del estudio: “Implementación de Herramientas Básicas de Calidad en Vigas y Losas Postensadas, tomando como caso práctico un Edificio para Oficinas”, se ha seleccionado como muestra general los siguientes edificios construidos con losas postensadas:

- a) Panorama Plaza Negocios ubicada en Surco, ejecutado por Graña y Montero
- b) Edificio de Oficinas Navarrete ubicada en San Isidro, ejecutado por Graña y Montero
- c) Torre Javier Prado ubicada en San Isidro; ejecutado por HV Contratistas
- d) Polideportivo ESAN SUM ubicado en Surco; ejecutado por Graña y Montero
- e) Edificio ICHMA ubicado en San Isidro; ejecutado por Graña y Montero
- f) Edificio Juan de Arona ubicado en San Isidro; ejecutado por Aldesa

Con el objeto de realizar encuestas a los ingenieros que participaron y/o participan en edificaciones con sistema de vigas y losas postensadas y de esta manera recopilar las apreciaciones sobre la situación de los mecanismos de control de calidad que se están empleando actualmente para este tipo de partida.

El universo específico a estudiar está constituido por los 6 edificios que por lo general poseen ingenieros de producción, calidad y oficina técnica;

tomando a uno de cada área genera un total de 18 profesionales. En general se considera que esta población es bastante homogénea desde el punto de vista técnico y profesional.

Objetivos Específicos de la Encuesta

La encuesta se realizará al personal profesional del contratista, exclusivamente a los Ingenieros de Calidad , Ingenieros de Producción e Ingenieros de Oficina Técnica con experiencia en la ejecución de Vigas y Losas con sistema Postensado y se les hará preguntas relacionadas a la aplicación de Herramientas Básicas de Calidad en sus obras, tales como:

- ¿Cómo considera usted que se llevó a cabo la obra con respecto al control de la calidad de la partida de losas y vigas postensadas?
- ¿Piensa usted que un diagrama de flujo que detalla todos los procesos vinculados a la ejecución de losas y vigas postensadas y que sea de conocimiento de todos los trabajadores ayudaría en el cumplimiento del cronograma previsto?
- ¿Considera usted que la propuesta de nuevos y mejores protocolos enfocado a evitar los problemas comunes que se presentan ayudaría a cumplir con el presupuesto planificado de losas y vigas postensadas?

Se presenta en forma adjunta el formulario de la encuesta (ver Anexo 1), que incluye otras preguntas generales.

4.1.2 Población y Muestra

Población

Todos los ingenieros que participaron en las obras de edificaciones con la aplicación del sistema postensado en losas y vigas.

Muestra

En la determinación de la muestra óptima, se utilizó el muestreo aleatorio simple debido a que cada miembro de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado como sujeto.

$$n = \frac{Z^2 PQN}{e^2 (N-1) + Z^2 PQ}$$

Donde:

- Z = Valor determinado que se acepta para un nivel de confianza requerido
- e = Margen de error máximo que se admite.
- P = Probabilidad de que ocurra el evento P.
- Q = Probabilidad de que ocurra el evento Q.
- N = Universo.
- n = Tamaño de la muestra

Valores asignados para el presente Estudio:

- Nivel de confianza = 90%, entonces Z=1.65
- e = 0.1
- P = Proporción de encuestados que manifestaron la correcta utilización de las Herramientas Básicas de Calidad en Vigas y Losas Postensadas, P=0.5
- Q = Proporción de encuestados que manifestaron la incorrecta utilización de las Herramientas Básicas de Calidad en Vigas y Losas Postensadas, Q=0.5

- N = 18

Reemplazando estos valores en la formula se tendrá lo siguiente:

$$n = \frac{(1.65^2).(0.5).(0.5).(18)}{(0.1^2).(18-1)+(1.65^2).(0.5).(0.5)}$$

$$n = 14.4$$

La muestra fue seleccionada de manera aleatoria entre las diferentes obras mencionadas anteriormente y se requiere de un mínimo de 15 encuestas válidas; para la presente investigación se realizará el cuestionario a 18 sujetos y los datos obtenidos serán analizados con la ayuda de gráficos para favorecer su comprensión.

4.2 Caso de Investigación: Edificio Panorama Plaza Negocios

A continuación, se describen las características del proyecto en estudio.

4.2.1 Ubicación y Contenido

El edificio para Oficinas Panorama Plaza Negocios, se encuentra ubicado la Av. Javier Prado Este sub lote 4B-4C, Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima. (Ver gráfico 19)



Gráfico 19: Ubicación del Proyecto Panorama plaza negocios

Fuente: Expediente Técnico de obra Panorama Plaza Negocios

Este ambicioso proyecto se desarrolla sobre un terreno de 7 357 m² y presenta en su estructura:

- 2 torres independientes cada una de 19 pisos de oficinas.
- Único proyecto corporativo con la mejor vista sobre El Club Golf los Incas en Surco.
- Plaza Gourmet.
- Pre-Certificación LEED Gold*
- Disipadores de Energía Sísmica
- 9 sótanos de estacionamientos.
- Mejor ubicado y de más alta tecnología de la ciudad.
- Altura de losa a losa de 3.58mts. que permite altura libre interior de 2.70mts.
- Estructuras de losas postensadas y columnas de concreto armado de alta resistencia.

- Cristales Low E que permiten ahorro energético y proporcionan alta protección contra rayos UV

Se muestra el modelamiento en 3D de la Obra en el Gráfico 20.



Gráfico 20: Vista 3D del Proyecto Panorama plaza negocios

Fuente: Expediente Técnico de obra Panorama Plaza Negocios

4.2.2 Consideraciones técnico-económicas del proyecto.

En el proyecto Panorama plaza negocios se aplicó la siguiente distribución de superficies por nivel como lo especifica la Tabla 6.

Tabla 6: Distribución de áreas postensadas del Proyecto

Encofrado	Espesor de Losa (mm)	Espesor de Abacos/Vigas (mm)	Concreto F'c (MPa)	Area (m ²)	Num. De Niveles	Area Total (m ²)
Sótano 9 al 4	200	350/27und	35	6,821	6	40,927
Sotano 3						
* Area General	200	350/21und	35	6,553	1	6,553
* Area Estación Eléctrica	300	450/6und		268		268
Sótano 2						
* Area General	200	350/14und	35	4,155	1	4,155
* Areas Varias	300	450/13und	35	685		685
* Areas Eléctricas				413		413
* Area Comercial 800Kg/m ²				895		895
* Area Comercial 1500Kg/m ²				510		510
Sótano 1				250	450/25und	35
Piso 1						
* Area General	180	500	35	3,491	1	3,491
* GYM				271		271
Piso 2						
* Area General	180	500	35	3,453	1	3,453
* Cuarto de Maquinas	220			113		113
* Comedor	180			235		235
Piso 3 y 4						
* Area General	180	500	35	3,249	2	6,498
* Area entre los ejes 9 y 14'				209		418
Piso 5	180	500	35	3,458	1	3,458
Piso 6 al 11	180	500	35	3,203	6	19,221
Piso 12 al 15	180	500	35	2,258	4	9,032
Piso 16 al 18	180	500/650	35	3,203	3	9,610
Azotea	180	500/650	35	3,203	1	3,015
Total					28	119,642

Fuente: Contrato de Suministro e Instalación de Losas y vigas Postensadas - CCL

Los datos aquí mostrados fueron la base del presupuesto previsto total del proyecto y el de losas y vigas postensadas como lo muestra la Tabla 7 y 8 respectivamente.

Tabla 7: Resumen del presupuesto total del Proyecto

DESCRIPCIÓN	PARCIAL S/.
OBRAS PROVISIONALES	13,625,540.29
ESTRUCTURAS	65,224,570.22
- Sistema de Losas y Vigas postensadas	6,548,905.61
- Concreto, Encofrado, Acero, Movimiento de tierras, etc.	58,675,664.61
ACABADOS	48,750,703.86
INSTALACIONES ELECTRICAS	16,584,686.00
INSTALACIONES SANITARIAS	3,348,837.00
PROTECCION CONTRA INCENDIO	3,521,447.62
INSTALACIONES MECANICAS	12,656,904.60
SISTEMA DE DETECCION Y ALARMA	1,139,835.63
SISTEMA CCTV	1,753,429.60
SISTEMA DE AUTOMATIZACION	1,748,489.00
SISTEMA GLP	406,405.62
SISTEMA DE CONTROL DE ESTACIONAMIENTO	1,458,358.00
SISTEMA DE RIEGO	184,000.00
SISTEMA CONTROL DE ACCESOS	1,508,798.11
MUSICALIZACION Y STAG	547,478.55
ASCENSORES Y ESCALERAS MECANICAS	7,351,400.00
COSTO DIRECTO	179,810,884.10
GASTOS GENERALES	6,830,867.79
UTILIDADES	25,473,475.86
TOTAL 01 SIN IGV	212,115,227.75

Fuente: Expediente Técnico de obra Panorama Plaza Negocios

Tabla 8: Resumen del presupuesto para Losas y Vigas Postensadas

Presupuesto De Losas y Vigas Postensadas		
Item	Concepto	Valor Total
		S/. (Nuevos Soles)
1.00	Sótanos	
1.01	Sótano 9	369,811.30
1.02	Sótano 8	369,811.30
1.03	Sótano 7	369,811.30
1.04	Sótano 6	369,811.30
1.05	Sótano 5	369,811.30
1.06	Sótano 4	373,636.05
1.07	Sótano 3	395,256.84
1.08	Sótano 2	398,987.84
1.09	Sótano 1	521,851.25
2.00	Pisos	
2.01	Piso 1	181,134.80
2.02	Piso 2	190,259.37
2.03	Piso 3	163,565.88
2.04	Piso 4	163,565.88
2.05	Piso 5	142,823.31
2.06	Piso 6	142,823.31
2.07	Piso 7	142,823.31
2.08	Piso 8	142,823.31
2.09	Piso 9	142,823.31
2.10	Piso 10	142,823.31
2.11	Piso 11	142,823.31
2.12	Piso 12	113,102.07
2.13	Piso 13	113,102.07
2.14	Piso 14	113,102.07
2.15	Piso 15	113,102.07
2.16	Piso 16	199,798.97
2.17	Piso 17	199,798.97
2.18	Piso 18	199,798.97
2.19	Piso 19	260,022.84
	Total	6,548,905.61

Fuente: Contrato de Suministro e Instalación de Losas y vigas Postensadas - CCL

Para fines de acompañamiento al anterior resumen de la Tabla 8 se muestra el presupuesto para todas las losas postensadas en el Anexo 2.

La duración inicialmente prevista de todos los trabajos correspondientes a la realización de la Obra Panorama plaza negocios, la cual se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9: Duración de trabajos en obra Panorama Plaza Negocios

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	% Completado
EDIFICIO PANORAMA (No incluye levantamiento de Observaciones)	533 días	lun 04/11/13	jue 17/12/15	100%
Inicio de Obra	0 días	lun 04/11/13	lun 04/11/13	100%
OBRAS PRELIMINARES	36 días	lun 04/11/13	mar 24/12/13	100%
Movilización	10 días	lun 04/11/13	lun 18/11/13	100%
Campamento de Obra	30 días	mar 12/11/13	mar 24/12/13	100%
Cerco de Obra	20 días	mar 12/11/13	mar 10/12/13	100%
MOVIMIENTO DE TIERRAS	174 días	mié 13/11/13	lun 21/07/14	100%
Anillo 01	15 días	mié 13/11/13	mar 03/12/13	100%
Anillo 02 al 09	118 días	mié 04/12/13	vie 23/05/14	100%
Rampa	41 días	lun 26/05/14	lun 21/07/14	100%
ESTABILIZACION	171 días	mié 04/12/13	vie 08/08/14	100%
Anillo 01	13 días	mié 04/12/13	vie 20/12/13	100%
Anillo 02	13 días	mar 31/12/13	vie 17/01/14	100%
Anillo 03	13 días	lun 20/01/14	mié 05/02/14	100%
Anillo 04	13 días	jue 06/02/14	lun 24/02/14	100%
Anillo 05	16 días	mar 25/02/14	mar 18/03/14	100%
Anillo 06	16 días	mié 19/03/14	mié 09/04/14	100%
Anillo 07	16 días	jue 10/04/14	mar 06/05/14	100%
Anillo 08	16 días	mié 07/05/14	mié 28/05/14	100%
Rampa	50 días	jue 29/05/14	vie 08/08/14	100%
CONCRETO ARMADO	404 días	lun 23/12/13	lun 03/08/15	100%
MUROS PANTALLA	163 días	lun 23/12/13	vie 15/08/14	100%
Anillo 01	13 días	lun 23/12/13	vie 10/01/14	100%
Anillo 02	13 días	lun 13/01/14	mié 29/01/14	100%
Anillo 03	13 días	jue 30/01/14	lun 17/02/14	100%
Anillo 04	16 días	mar 18/02/14	mar 11/03/14	100%
Anillo 05	16 días	mié 12/03/14	mié 02/04/14	100%
Anillo 06	16 días	jue 03/04/14	mar 29/04/14	100%
Anillo 07	16 días	mié 30/04/14	jue 22/05/14	100%
Anillo 08	15 días	vie 23/05/14	jue 12/06/14	100%
Anillo 09	13 días	vie 13/06/14	mar 01/07/14	100%
Rampa	45 días	jue 12/06/14	vie 15/08/14	100%
SOTANOS Y EDIFICIO	252 días	vie 01/08/14	lun 03/08/15	100%
SOTANO 09	40 días	vie 01/08/14	jue 25/09/14	100%
SOTANO 08	20 días	jue 18/09/14	jue 16/10/14	100%
SOTANO 07	20 días	jue 09/10/14	mié 05/11/14	100%
SOTANO 06	20 días	mié 29/10/14	mar 25/11/14	100%
SOTANO 05	20 días	mar 18/11/14	mar 16/12/14	100%
SOTANO 04	20 días	mar 09/12/14	mié 07/01/15	100%
SOTANO 03	20 días	mar 30/12/14	mar 27/01/15	100%
SOTANO 02	20 días	mar 20/01/15	lun 16/02/15	100%
SOTANO 01	20 días	lun 09/02/15	vie 06/03/15	100%
TORRE A	106 días	vie 27/02/15	lun 03/08/15	100%
TORRE B	106 días	vie 27/02/15	lun 03/08/15	100%
DISIPADORES SISMICOS	116 días	lun 23/03/15	mar 08/09/15	100%
ACABADOS	303 días	mié 01/10/14	jue 17/12/15	100%
MURO CORTINA	150 días	lun 20/04/15	lun 23/11/15	100%
INSTALACIONES	320 días	mar 02/09/14	jue 10/12/15	100%
Fin de Obra	0 días	jue 17/12/15	jue 17/12/15	100%

Fuente: Expediente Técnico de obra Panorama Plaza Negocios

4.2.3 Tiempo de Ejecución Contractual

Dos semanas para la emisión del primer plano después de recibir la información técnica completa concerniente al diseño de las losas, cuatro semanas para la llegada de los materiales, los sótanos se realizarán en 9 días hábiles por nivel y los pisos de la Torre A y B demorarán 1 semana por nivel .

4.2.4 Responsabilidades del Contratista Principal de la obra

Las principales responsabilidades de la contratista principal perteneciente a la obra están detalladas seguidamente como manera de enumeración pero no de limitación:

1. Acceso libre y conveniente a todos los lugares de la obra.
2. Suministrar información técnica precisa y comprensiva, incluyendo disposiciones generales, planos estructurales en formato electrónico los cuales serán debidamente compatibilizados con el resto de especialidades en orden de poder preparar el diseño y planos de obra de las losas **CCL**.
3. Descargar, proteger, proveer almacenamiento seguro y su subsecuente distribución a todas las posiciones de trabajo de los equipos y materiales **CCL** en los momentos que sean requeridos para la ejecución de los trabajos acordados.
4. El material y/o equipos dejados en obra permanecen bajo el control y completa responsabilidad del contratista principal y deberán ser cubiertos con un seguro.
5. Suministrar puntos eléctricos adecuados, aire comprimido (compresora de 50-70PCM) y agua limpia en los puntos de uso.
6. Disponer de una grúa liviana o maquinarias para elevación de equipos para poder movilizar los equipos y materiales **CCL** durante la ejecución del Postensado e Inyección de concreto.
7. Proveer de ser necesario, andamios, plataformas de trabajo, barreras de seguridad, estructuras de soporte, maderas o planchas, así como

herramientas para poder realizar los trabajos relacionados a **CCL** como son el Postensado y la inyección de concreto.

8. Suministrar, instalar y remoción de todos las posibles obstrucciones, hendiduras, o encofrado especial cuando sea necesarios en las zonas aledañas a los anclajes.
9. Suministrar y colocar todo el acero de refuerzo complementario; el refuerzo atrás de los anclajes y las sillas de acero para fijar los ductos serán instalados por **CCL**.
10. Suministrar, colocar, vibrar y acabado del concreto incluyendo rellenar las cajuelas usando mortero de concreto.
11. Preparación y pruebas del concreto en probetas o cubos, para confirmar su resistencia previa a comenzar el Postensado e inyección de ductos.
12. Remover cuando sea necesario las caras externas del encofrado para permitir el acceso y poder hacer la preparación de los tendones de esforzado.
13. Corte y limpieza de los orificios de inyección después de haber sido realizada.
14. Proveer instalaciones de higiene y reposo adecuadas para uso de nuestro personal, los que incluirán lockers y bancas.
15. Proveer de una oficina y conexión a internet para nuestros ingenieros; así como de almacén para nuestros equipos.
16. Limpieza de la obra después de completarse las operaciones.

4.2.5 Responsabilidades de la empresa subcontratista de postensado

1. Preparación y entrega de un diseño estructural comprensivo junto con los planos de obra.
2. Suministro específico de cables y materiales CCL, los cuales serán descargados, y almacenados por el cliente bajo la supervisión de CCL, llámese: Cables, Ductos, Anclajes, y accesorios específicos relacionados a los materiales de CCL.
3. Habilidad y corte de cables en nuestra planta.

4. Instalación del Sistema por un personal calificado de CCL.
5. Se estima un rendimiento promedio de 250-300 m² por día con una cuadrilla de 6 personas; en horario no mayor a 48 horas semanales.
6. Servicio de Postensado e inyección de lechada por personal de CCL.
7. Alquiler de equipos CCL específicamente necesarios para el Postensado e inyección de lechada. Se incluye el cemento para este propósito.
8. El proyecto tendrá un ingeniero de Prevención de acuerdo a ley a tiempo completo.

4.3 Problemas frecuentes en obras de postensado

4.3.1 Problema de deflexión de losas

En el caso del edificio Panorama se presentó un grave problema de deflexiones no admisibles en los elementos postensados (ver Tabla 10) en los techos del Sótano 4, 5, 6, 7, 8 y 9, específicamente en la zona mostrada en el Gráfico 21, esto se produjo debido a los escasos controles de calidad que se hacían en obra generando el incidente que se muestra en el Gráfico 22.

Tabla 10: Deflexiones por nivel en los sótanos afectados

Ubicación	Deflexión Crítica (Aprox)
Techo del sótano 4 (Entre ejes 20 , 19 y Eje B1 , D1)	4cm
Techo del sótano 5 (Entre ejes 20 , 19 y Eje B1 , D1)	5cm
Techo del sótano 6 (Entre ejes 20 , 19 y Eje B1 , D1)	8cm
Techo del sótano 7 (Entre ejes 20 , 19 y Eje B1 , D1)	13cm
Techo del sótano 8 (Entre ejes 20 , 19 y Eje B1 , D1)	14cm
Techo del sótano 9 (Entre ejes 20 , 19 y Eje B1 , D1)	20.3cm

Fuente: Informe de levantamiento de losas y vigas postensadas - CCL

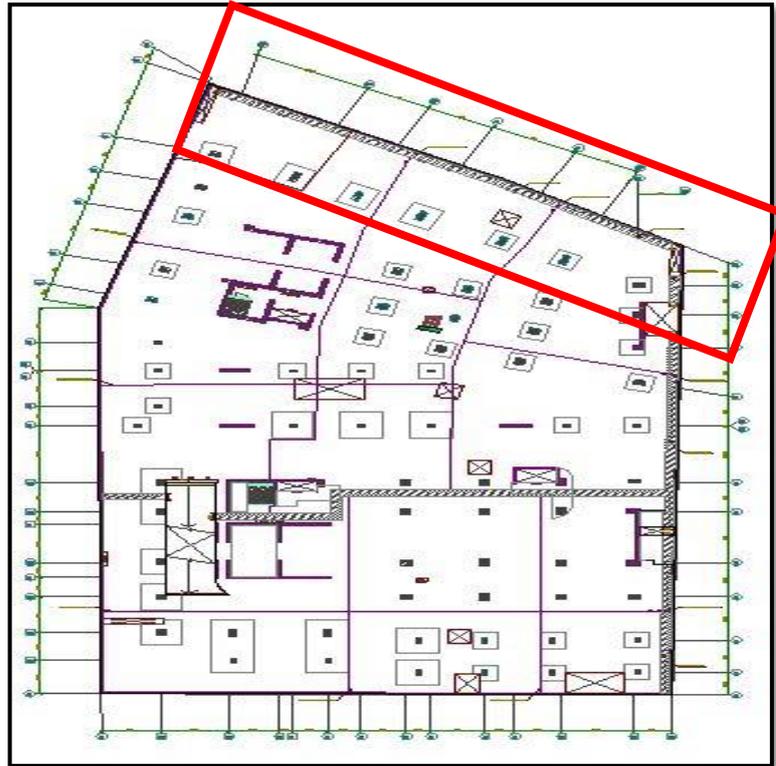


Gráfico 21: Zona afectada por la deflexión
Fuente: Informe de levantamiento de losas y vigas postensadas - CCL

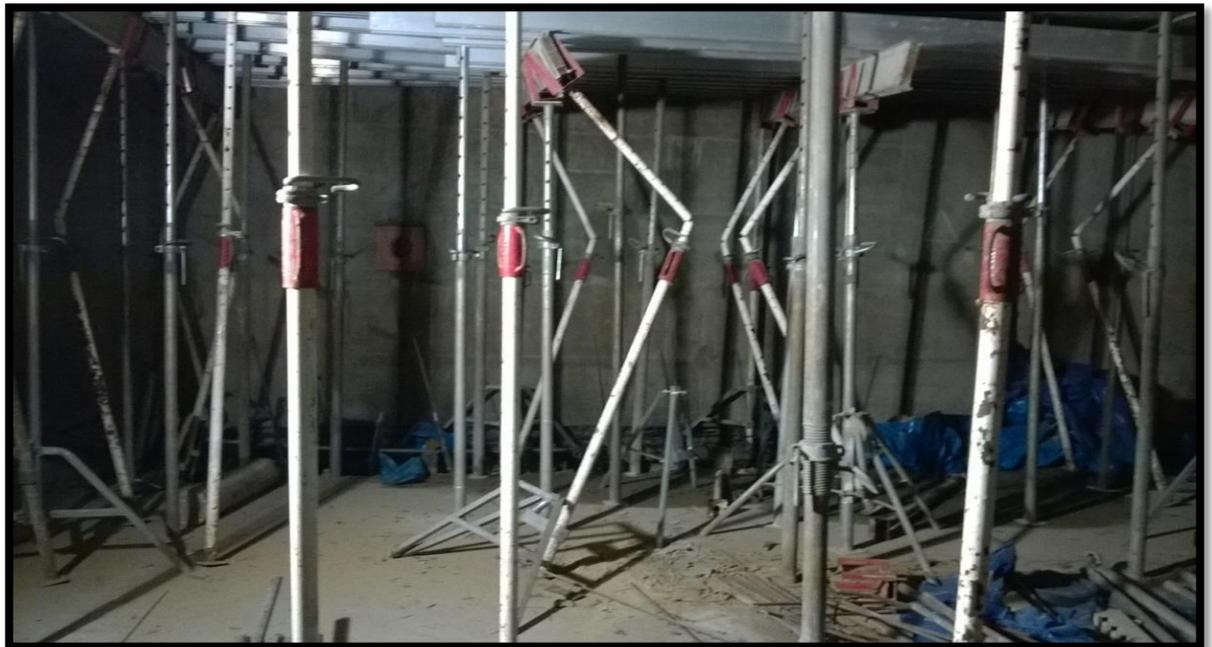


Gráfico 22: Falla de los puntales por mala modulación
Fuente: Propia

4.3.2 Problema de Fisuras y Agrietamiento en losas

En la obra Panorama se presentaron problemas de fisuras y agrietamientos en losas postensadas, las cuales en su mayoría se concentraron en los sótanos del proyecto y se produjeron debido a la incorrecta aplicación de detalles típicos por la falta de conocimiento sobre el sistema postensado..

En los Gráficos 23 y 24 se muestra las aberturas que afectaron a las losas



Gráfico 23: Fisuras en los sótanos postensados

Fuente: Informe de levantamiento de losas y vigas postensadas - CCL



Gráfico 24: Grietas en los sótanos postensados

Fuente: Informe de levantamiento de losas y vigas postensadas - CCL

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Debido a los incidentes de deflexiones, agrietamientos y fisuras que acontecieron en los sótanos se tuvo que tomar medidas drásticas para su respectiva reparación, las losas de los sótanos regresaron a su posición inicial con el proceso de gateo y tanto las grietas como las fisuras también fueron reparadas. Toda la solución en conjunto generó gastos adicionales y cambios en el cronograma inicial de obra, para evitar problemas de este tipo por la falta de conocimiento de los responsables se deberá implementar las herramientas básicas de calidad propuestas.

5.1 Resultados de las encuestas

En los siguientes cuadros mostrados se puede observar que las respuestas de los ingenieros a cargo del área de Producción, Calidad y Oficina Técnica reflejan la necesidad de tener mejores protocolos a los existentes, procedimientos de instalación fáciles de entender en obra mediante un diagrama de flujo que contenga las secuencias de este tipo de trabajo, para evitar incumplimiento del cronograma y presupuesto de losas y vigas postensadas.

A continuación se muestran los resultados de algunas preguntas fundamentales de las encuestas realizadas a los 18 ingenieros de 6 obras con el sistema de losas y vigas postensadas:

3) ¿Cómo considera usted que se llevó a cabo la obra con respecto al control de la calidad de la partida de losas y vigas postensadas? (Ver respuestas en la Tabla 11 y Grafico 25)

Tabla 11: Resultado de la Pregunta 3

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
0	3	8	7

Fuente: Propia

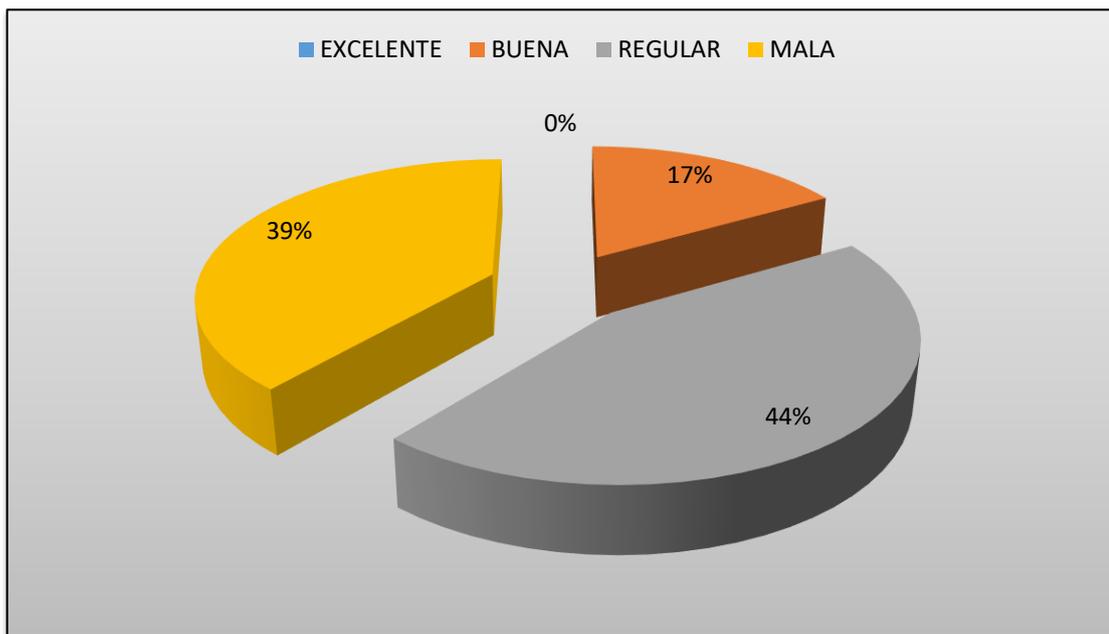


Gráfico 25: Resultado en porcentaje de la Pregunta 3

Fuente: Propia

4) ¿Considera usted que para la correcta instalación de postensado se debe trabajar de forma coordinada y respetando todos los procedimientos constructivos? (Ver respuestas en la Tabla 12 y Grafico 26)

Tabla 12: Resultados de la Pregunta 4

SI	NO
18	0

Fuente: Propia

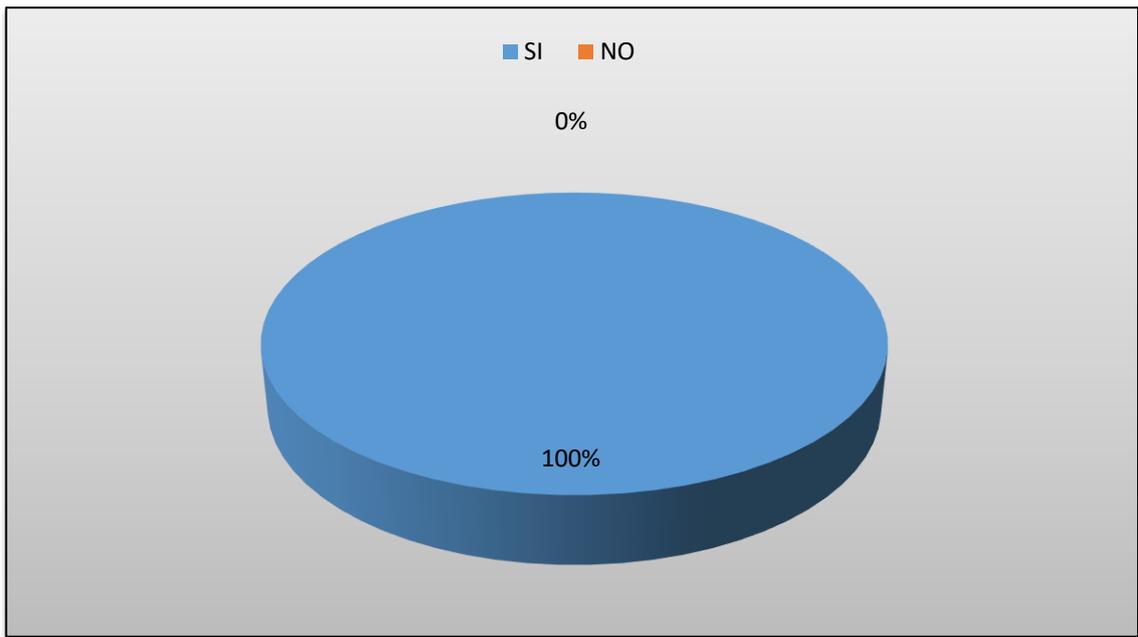


Gráfico 26: Resultado en porcentaje de la Pregunta 4
Fuente: Propia

5) ¿Los procedimientos del postensado eran de fácil alcance y todos en la obra tenían conocimiento de este tema? (Ver respuestas en la Tabla 13 y Gráfico 27)

Tabla 13: Resultados de la Pregunta 5

SI	NO
3	15

Fuente: Propia

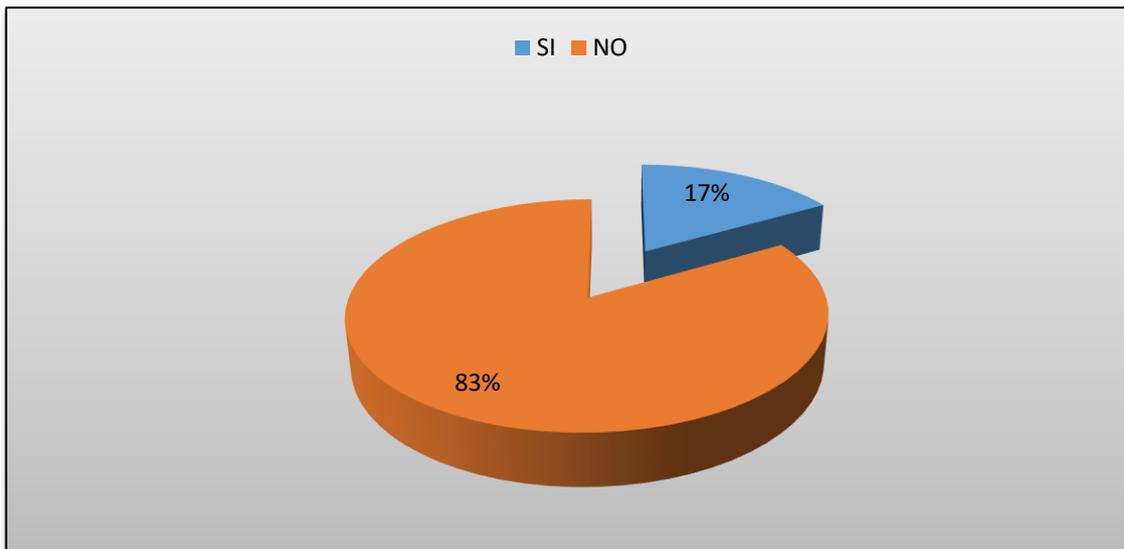


Gráfico 27: Resultado en porcentaje de la Pregunta 5
Fuente: Propia

6) ¿Se logró cumplir con la fecha de entrega establecida de la obra? (Ver respuestas en la Tabla 14 y Gráfico 28)

Tabla 14: Resultados de la Pregunta 6

SI	NO
3	15

Fuente: Propia

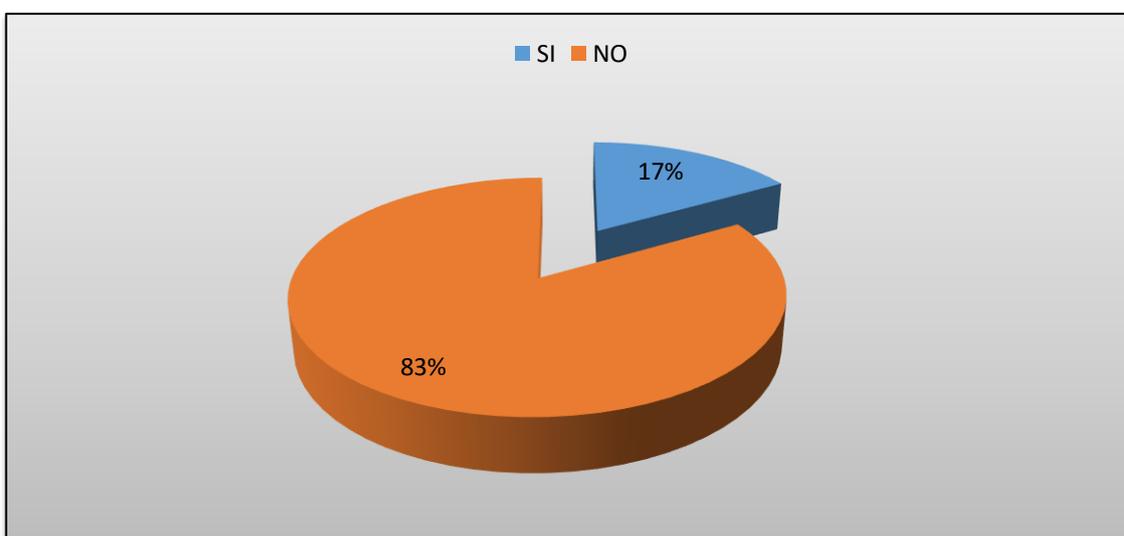


Gráfico 28: Resultado en porcentaje de la Pregunta 6
Fuente: Propia

8) ¿Piensa usted que un diagrama de flujo que detalle todos los procesos vinculados a la ejecución de losas y vigas postensadas y que sea de conocimiento de todos los trabajadores ayudaría en el cumplimiento del cronograma previsto? (Ver respuestas en la Tabla 15 y Grafico 29)

Tabla 15: Resultado de la Pregunta 8

SI	NO
18	0

Fuente: Propia

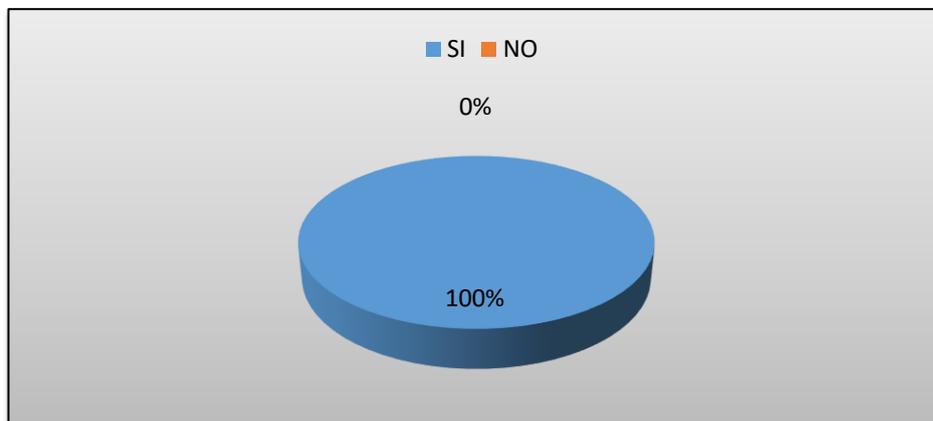


Gráfico 29: Resultado en porcentaje de la Pregunta 8

Fuente: Propia

12) ¿Se incurrió en gastos adicionales debido a las subsanación de problemas presentados en las vigas y losas postensadas? (Ver respuestas en la Tabla 16 y Grafico 30)

Tabla 16: Resultado de la Pregunta 12

SI	NO
16	2

Fuente: Propia

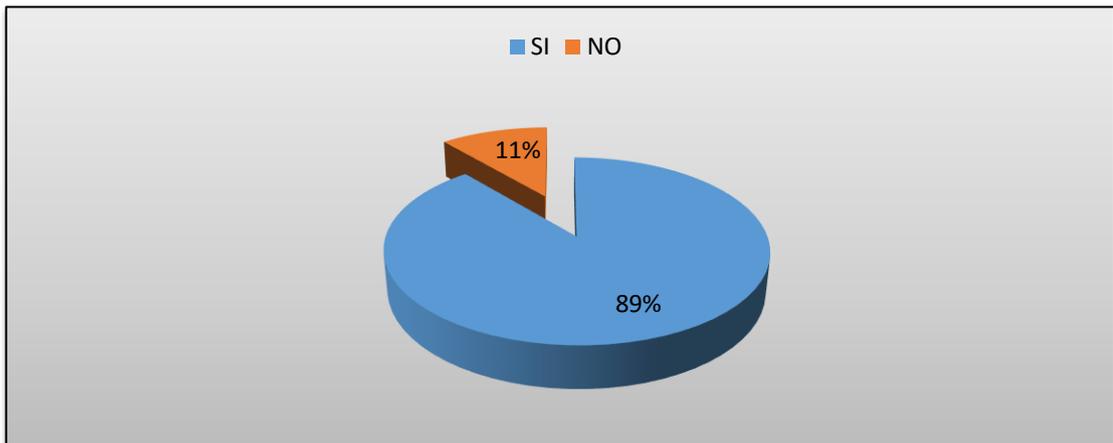


Gráfico 30: Resultado en porcentaje de la Pregunta 12

Fuente: Propia

- 13) ¿Considera usted que la propuesta de nuevos y mejores protocolos enfocados a evitar los problemas comunes que se presentan ayudaría a cumplir con el presupuesto planificado de losas y vigas postensadas? (Ver respuestas en la Tabla 17 y Gráfico 31)

Tabla 17: Resultado de la Pregunta 13

SI	NO
18	0

Fuente: Propia

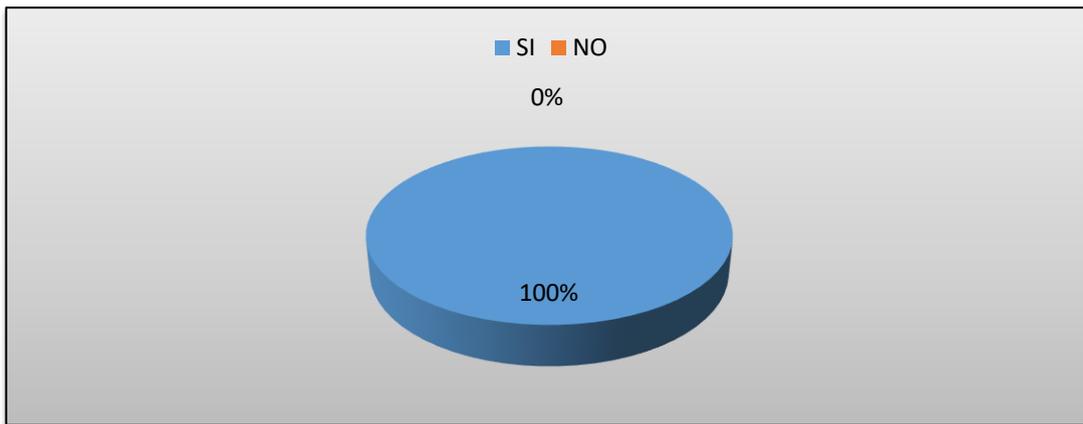


Gráfico 31: Resultado en porcentaje de la Pregunta 13
Fuente: Propia

5.2 Levantamiento de Losas postensadas

Fue el mecanismo de solución a la continuidad de las deflexiones de las losas y para esto se verificó y reforzó el estado de todos los puntales existentes y las zapatas de los puntales apoyados sobre terreno. Toda el área entre el eje de columnas 19 y el eje 20 (muro pantalla) debe estar apuntalada (ver Gráfico 32), se procedió a inyectar los tendones en los sótanos afectados para realizar el levantamiento de losas, cada losa se dividió en 2 sectores y en 2 etapas, el primer sector comprende a la zona ubicada a 0.5m de la banda de vaciado, mientras que el segundo sector se encuentra en el centro del tramo, entre el eje 19 con la banda de vaciado; el levantamiento de losas se realizó de arriba hacia abajo para poder liberar cargas verticales. Se detalla este procedimiento de forma completa en el Anexo 3.

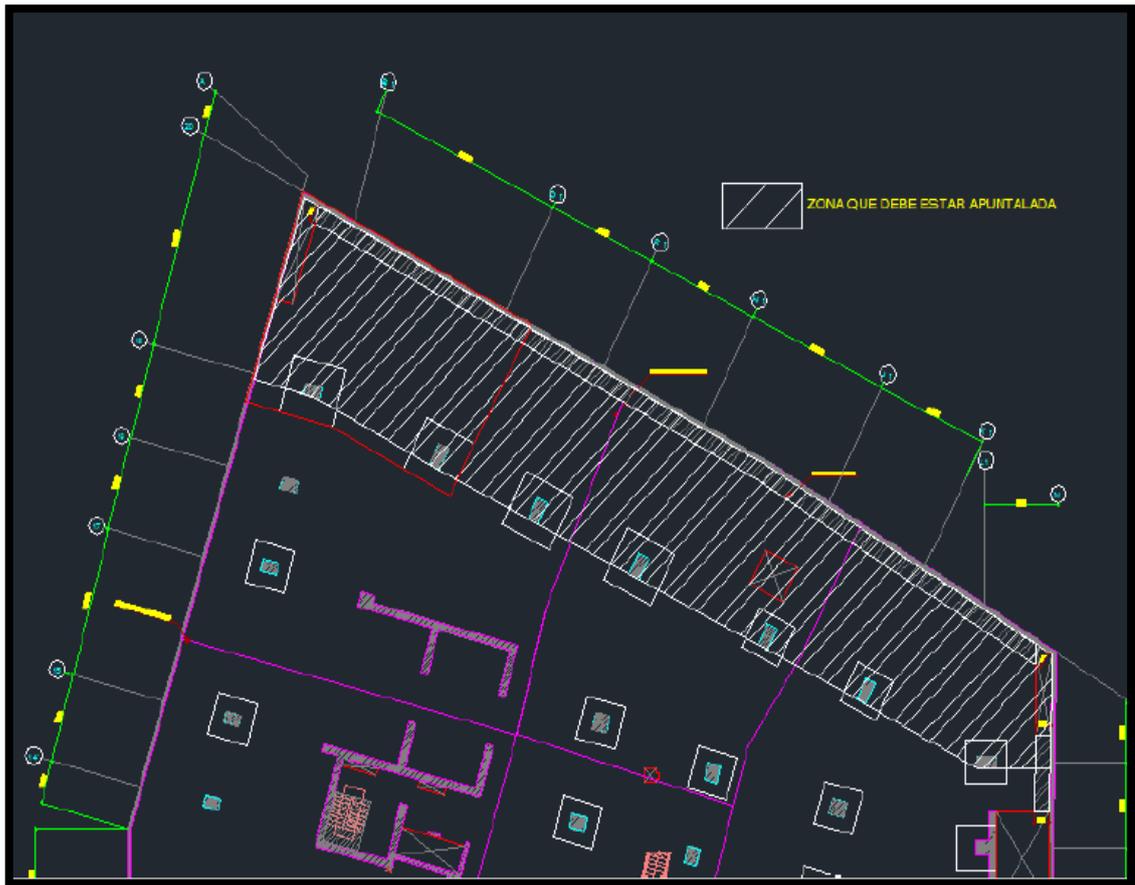


Gráfico 32: Zona afectada por la deflexión

Fuente: Procedimiento de levantamiento de losas deflectadas - CCL

5.2.1 Comparativo del Cronograma previsto y el Cronograma Real

Debido a los incidentes ocurridos y explicados con anterioridad, se desencadenaron una serie de desfases cronológicos que impidieron el cumplimiento del plazo de entrega de la obra, la cual tenía una duración prevista de 533 días hábiles (Ver gráfico 33)

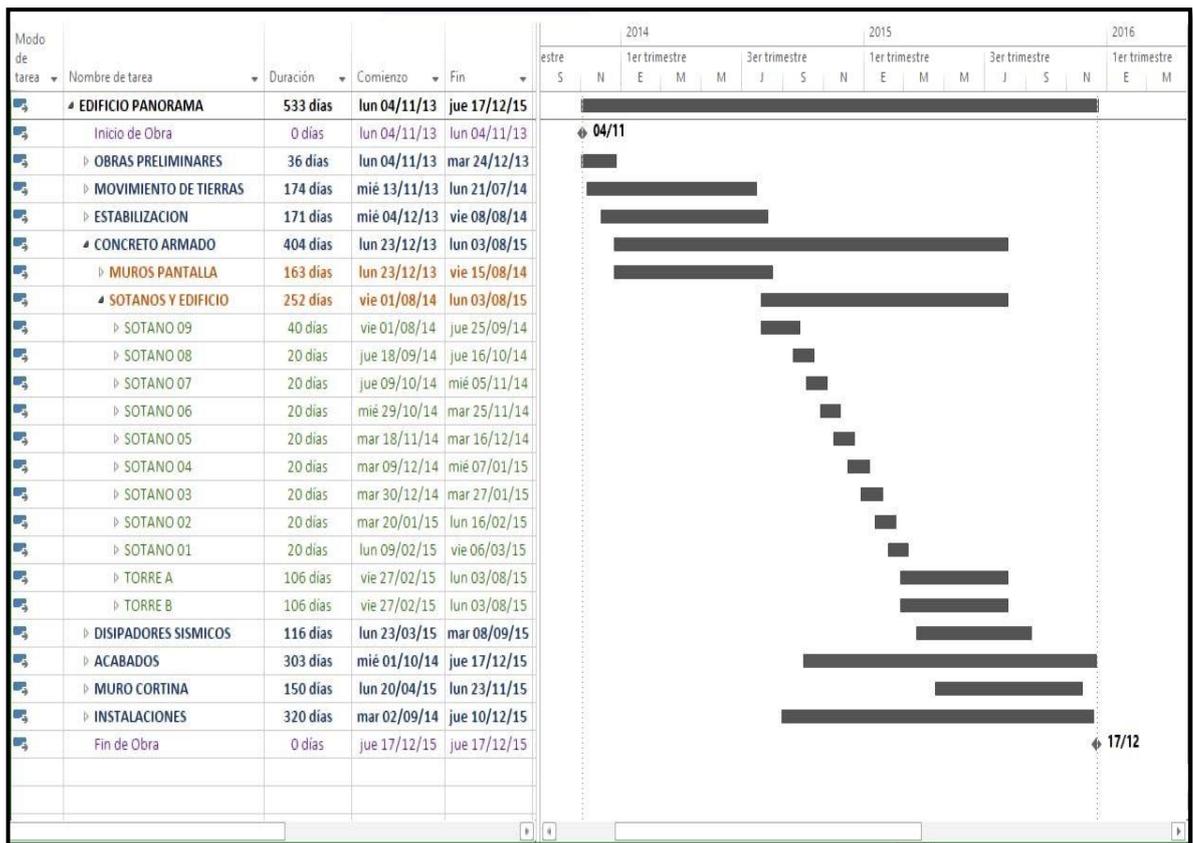


Gráfico 33: Cronograma Previsto de la obra Panorama Plaza Negocios

Fuente: Propio

Ante esto se planteó una solución temporal que consistió en la estabilización de las losas postensadas con el fin de prevenir que sigan deflectándose, esta solución fue la primera etapa del proceso de reparación y contó con los principales trabajos de reapuntalamiento, desencofrado y apuntalamiento de losas postensadas. Durante la duración de estos trabajos se interrumpieron todas las demás labores que componen las partidas del cronograma por un lapso de 30 días hábiles (Ver gráfico 34).

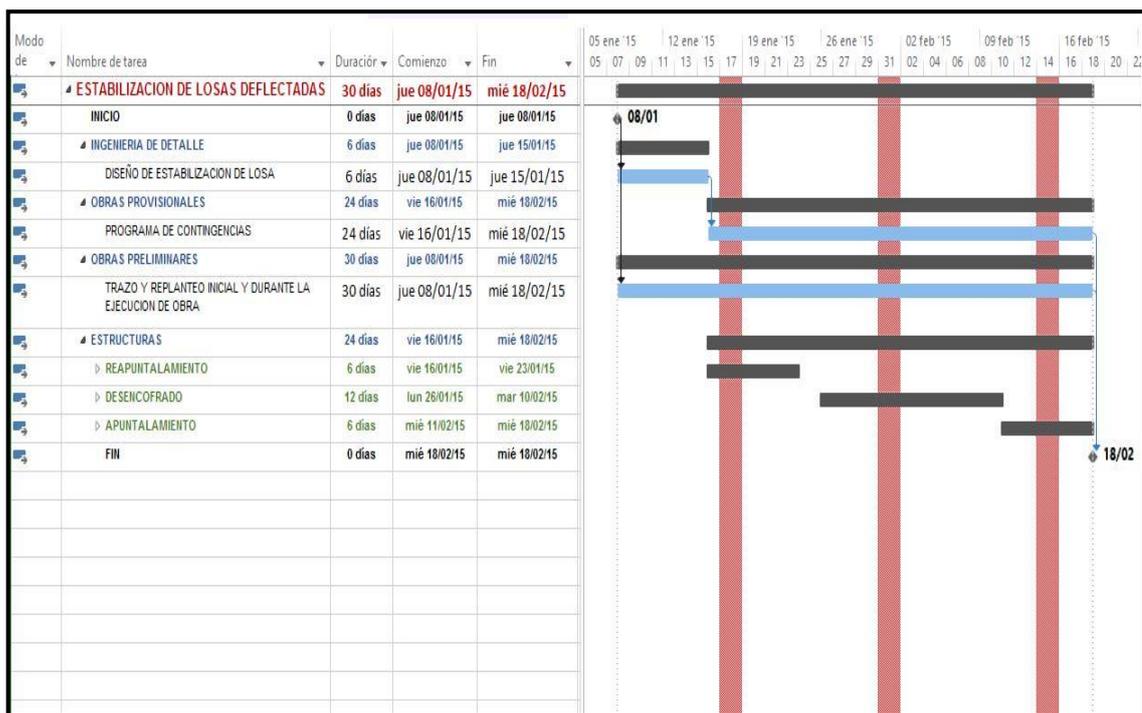


Gráfico 34: Cronograma de estabilización de losas deflectadas
Fuente: Propio

En el Anexo 4 se aprecia el cronograma de estabilización de losas con sus partidas y duraciones desglosadas

Posteriormente se ejecutaron los trabajos de reparación permanente concernientes a la etapa 2, con el gateo de losas postensadas y etapa 3 con la reparación de fisuras, estas dos etapas no formaron parte de la ruta crítica de las reparaciones puesto que se realizaron mientras se seguía construyendo más losas del edificio.

Por consecuencia de la estabilización de losas postensadas se interrumpieron todos los trabajos dentro del cronograma, lo cual hizo que se desarrollen con 30 días hábiles más de duración; las principales partidas afectadas fueron las que componen el casco de la estructura del Sótano 03 con sus respectivos elementos de vigas, columnas y demás losas; todo esto retrasó la ejecución de los demás niveles del edificio influyendo indirectamente en las demás partidas correspondientes a los disipadores sísmicos, acabados, muros

cortina y demás instalaciones que lograron terminarse mucho después de sus fechas establecidas. (Ver gráfico 35)

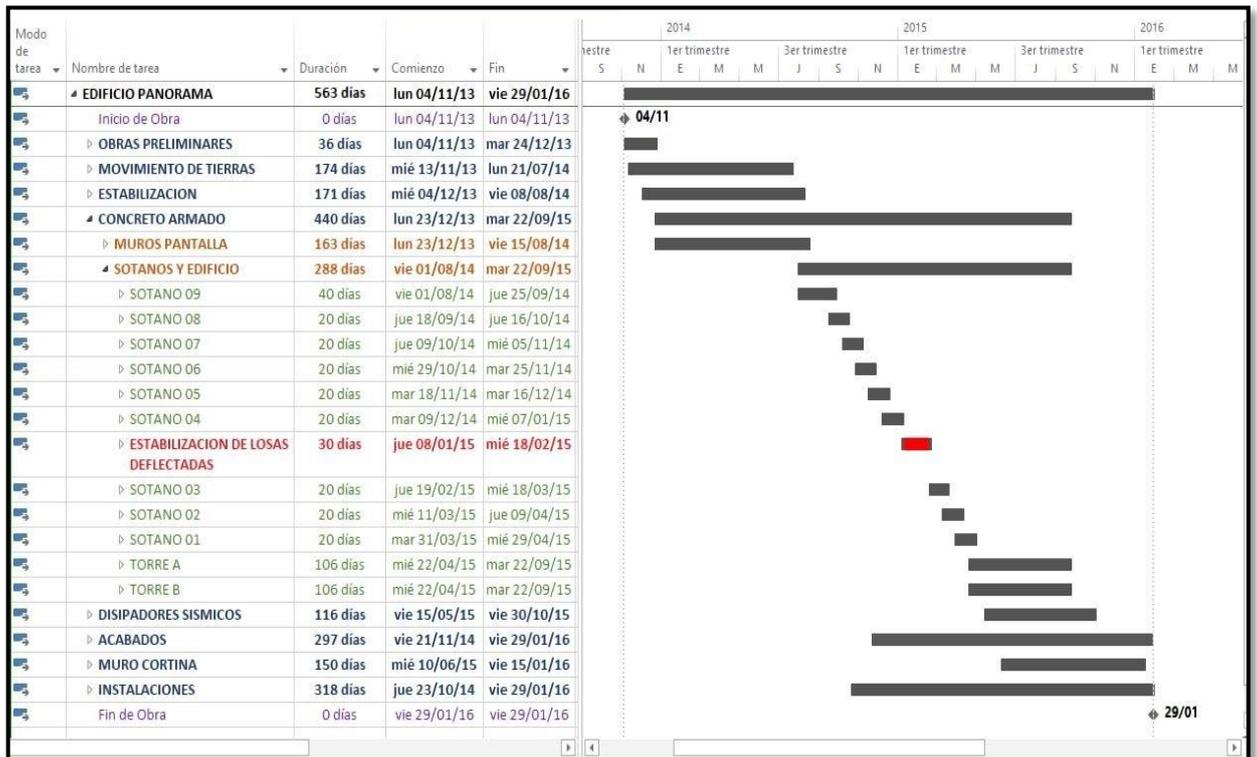


Gráfico 35: Cronograma con duración de reparaciones en la Obra Panorama Plaza negocios
Fuente: Propio

Como se aprecia la duración de la obra se extendió en 30 días hábiles equivalentes al 5.63% de la duración prevista, que precisamente es el tiempo que tomó solucionar parcialmente el problema logrando estabilizar las losas y evitando que sigan deflectándose. Es por esto que la duración final del proyecto ascendió a 563 días hábiles representando el 105.63% de la duración prevista. (Ver Tabla 18)

Tabla 18: Cuadro comparativo para la duración de los trabajos de la obra Panorama Plaza Negocios

PANORAMA PLAZA NEGOCIOS		
DETALLE	DURACIÓN	% REPRESENTATIVO
Cronograma previsto	533	
Cronograma de estabilización	30	5.63%
Cronograma final	563	105.63%

Fuente: Propio

5.2.2 Presupuesto de Adicional

Según lo detallado en el capítulo anterior, la reparación de las losas postensadas que estaban deflectadas generó un gasto adicional que no fue considerado dentro de los costos previstos para ejecutar la obra, de este modo para las etapas número 1 y 3 correspondientes a la Estabilización y Reparación de fisuras en losas postensadas repercutió en un monto adicional total de S/188,609.58 como se aprecia en el presupuesto de la Tabla 19.

Tabla 19: Presupuesto de estabilización y reparación de fisuras en losas postensadas

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto **1101003 REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS EN PROYECTO PANORAMA PLAZA NEGOCIOS.**
 Subpresupuesto **001 ESTABILIZACION Y REPARACIÓN DE FISURAS EN LOSAS POSTENSADAS**
 Cliente **GRANA Y MONTERO S.A.A** Costo al **25/09/2016**
 Lugar **LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	INGENIERIA DE DETALLE				10,500.00
01.01	DISEÑO DE ESTABILIZACION DE LOSA (GABINETE)	glo	1.00	10,500.00	10,500.00
02	OBRAS PROVISIONALES				2,000.00
02.01	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS	glo	1.00	2,000.00	2,000.00
03	OBRAS PRELIMINARES				5,500.00
03.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	mes	1.00	5,500.00	5,500.00
04	ESTRUCTURAS				124,713.06
04.01	REAPUNTALAMIENTO				5,670.00
04.01.01	REAPUNTALAMIENTO DE LOSA EN SOTANO 4, 5 y 6	m2	2,025.00	1.40	2,835.00
04.01.02	REAPUNTALAMIENTO DE LOSA EN SOTANO 7, 8 y 9	m2	2,025.00	1.40	2,835.00
04.02	DESENCOFRADO				5,305.50
04.02.01	DESENCOFRADO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 4, 5 Y 6	m2	2,025.00	1.31	2,652.75
04.02.02	DESENCOFRADO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 7, 8 Y 9	m2	2,025.00	1.31	2,652.75
04.03	APUNTALAMIENTO				90,922.50
04.03.01	APUNTALAMIENTO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 4, 5 Y 6	m2	2,025.00	22.45	45,461.25
04.03.02	APUNTALAMIENTO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 7, 8 Y 9	m2	2,025.00	22.45	45,461.25
04.04	REPARACIÓN DE FISURAS				22,815.06
04.04.01	SELLADO DE FISURAS EN LOSA POSTENSADA SOTANOS 4, 5 Y 6.	glo	1.00	11,407.53	11,407.53
04.04.02	SELLADO DE FISURAS EN LOSA POSTENSADA SOTANOS 7, 8 Y 9	glo	1.00	11,407.53	11,407.53
	COSTO DIRECTO				142,713.06
	GASTOS GENERALES (12% CD)				17,125.57

	SUBTOTAL				159,838.63
	IMPUESTO (IGV 18%)				28,770.95

	PRESUPUESTO TOTAL				188,609.58

SON : CIENTO OCHENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS NUEVE CON 58/100 NUEVOS SOLES

Fecha : 02/10/2016 21:01:58

Fuente: Propia

Por otro lado la etapa número 2 que comprende el Gateo de losas postensadas y el respectivo diseño del procedimiento de gateo, también genero

un gasto adicional de dinero que ascendió a un total de S/ 342,624.80 como se aprecia en el presupuesto de la Tabla 20.

Tabla 20: Presupuesto de gateo en losas postensadas

S10					Página	1
Presupuesto						
Presupuesto	1101003	REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS EN PROYECTO PANORAMA PLAZA NEGOCIOS.				
Subpresupuesto	002	GATEO DE LOSAS POSTENSADAS				
Cliente	GRANA Y MONTERO S.A.A			Costo al	25/09/2016	
Lugar	LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	ESTRUCTURAS				238,000.00	
01.01	GATEO DE LOSAS POSTENSADAS				238,000.00	
01.01.01	DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO DE GATEO DE LOSAS	g/b	1.00	58,000.00	58,000.00	
01.01.02	GATEO DE LOSAS POSTENSADAS	g/b	1.00	180,000.00	180,000.00	
	COSTO DIRECTO				238,000.00	
	GASTOS GENERALES (12% CD)				28,560.00	
	UTILIDAD (10% CD)				23,800.00	

	SUBTOTAL				290,360.00	
	IMPUESTO (IGV 18%)				52,264.80	

	PRESUPUESTO TOTAL				342,624.80	
SON : TRESCIENTOS CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS VEINTICUATRO CON 80/100 NUEVOS SOLES						
				Fecha :	29/09/2016 20:25:37	

Fuente: Propia

Los costos unitarios para ambos presupuestos se encuentran detallados en el Anexo 5.

Las tres etapas que comprendieron la reparación de las losas postensadas fueron financiadas por la contratista principal, pero esta solo ejecuto físicamente las etapas número 1 y 3, encomendando al subcontratista de postensado que se encargara de los trabajos correspondientes a la etapa número 2. De esta manera y para fines comparativos con el presupuesto previsto es que se muestran los costos de las etapas en la Tabla 21 y el Grafico 36.

Tabla 21: Costo de reparación de Losas Postensadas por etapas

DETALLE	ETAPA	COSTO (S/.)
ESTABILIZACION DE LOSAS POSTENSADAS	1	188,609.58
REPARACION DE FISURAS DE LOSAS POSTENSADAS	3	
GATEO DE LOSAS POSTENSADAS	2	342,624.80
TOTAL POR REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS		531,234.38

Fuente: Propia

Datos Generales

Código: Sin Logotipo Doble moneda [Datos Adicionales...](#)

Alternativo:

Descripción:

Código Cliente: GRANA Y MONTERO S.A.A.

Ubicación Geográfica: SANTIAGO DE SURCO

LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO

Fecha: Histórico: Plazo: días Jornada Diaria:

Moneda Principal: NUEVOS SOLES

Moneda Principal (S/.)

Presupuesto Base C.D. <input type="text" value="0.00"/> C.I. <input type="text" value="0.00"/> Total <input type="text" value="0.00"/>	Presupuesto Oferta C.D. <input type="text" value="380,713.06"/> C.I. <input type="text" value="150,521.32"/> Total <input style="border: 2px solid red;" type="text" value="531,234.38"/>
--	---

▣	▣	Código	Alternativo	Descripción	Cantidad	Costo Oferta S/.
		001		ESTABILIZACION Y REPARACION DE FISURAS EN	1.00	188,609.58
▶		002		GATEO DE LOSAS POSTENSADAS	1.00	342,624.80
*						

Gráfico 36: Datos generales del presupuesto de reparación de Losas postensadas en S10

Fuente: Propio

Debido a los gastos incurridos por la reparación de las losas postensadas que ascendió a un total de S/. 531,234.38 se modificaron los costos previstos para la partida de vigas y losas postensadas, subpartida de estructuras y el costo

directo del proyecto; amplificando las cantidades destinadas para cada uno de ellos como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22: Costos modificados por la reparación de las losas Postensadas

DETALLE	COSTOS (S/.)	% REPRESENTATIVO RESPECTO A LA REPARACIÓN	COSTOS CON REPARACION (S/.)
REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS	531,234.38		
PARTIDA DE VIGAS Y LOSAS CON SISTEMA POSTENSADO	6,548,905.61	8.11%	7,080,139.99
SUBPARTIDA DE ESTRUCTURAS	65,224,570.22	0.81%	65,755,804.60
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO	179,810,884.1	0.30%	180,342,118.48

Fuente: Propia

En la tabla Tabla 23 se muestra el porcentaje que representó la partida de vigas y losas postensadas antes y después de las reparaciones.

Tabla 23: Porcentaje de incidencias de vigas y losas postensadas

DETALLE	COSTOS PREVISTOS (S/.)	% REPRESENTATIVO PREVISTO	COSTOS CON REPARACION (S/.)	% REPRESENTATIVO CON REPARACION
PARTIDA DE VIGAS Y LOSAS CON SISTEMA POSTENSADO	6,548,905.61		7,080,139.99	
SUBPARTIDA DE ESTRUCTURAS	65,224,570.22	10.04%	65,755,804.60	10.77%
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO	179,810,884.1	3.64%	180,342,118.48	3.93%

Fuente: Propia

Los gastos generados por la reparación de losas postensadas tendrán que ser asumidos por las utilidades que el contratista principal tenía pensado obtener de la ejecución del proyecto; haciendo que esta ganancia se vea disminuida en 2.09 % como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24: Comparativo de Utilidades por Reparación de losas postensadas

DETALLE	MONTO (S/.)	% REPRESENTATIVO
UTILIDAD PREVISTA	25,473,475.86	
REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS	531,234.38	2.09%
UTILIDAD CON REPARACIÓN	24942241.48	97.91%

Fuente: Propia

5.3 Herramientas Básicas de Calidad Propuestas

Para solucionar los problemas presentados anteriormente se presentan algunas propuestas que permitan por un lado que todo el personal involucrado en la ejecución de estas obras tenga el conocimiento necesario básico del proceso de ejecución de losas postensadas, y por otro lado que el personal que actúa directamente en las diversas actividades del postensado desarrolle un trabajo eficiente para evitar problemas como los presentados anteriormente.

5.3.1 Diagrama de Flujo vinculado a la ejecución de losas postensadas

Descripción del Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo que se presenta tiene la finalidad de mostrar los principales procesos que se emplean para la realización de las losas postensadas, posee un enfoque global de todos los trabajos abordando también las demás partidas que componen la realización de las losas.

Se buscó un sistema que sea agradable a la vista y de fácil entendimiento para todos los trabajadores dentro de la obra, desde el ingeniero residente hasta los ayudantes; es por eso que a través del uso de figuras geométricas y símbolos

se muestran los diferentes caminos de este novedoso sistema que aún pocos conocen.

Los procesos para la realización de las losas postensadas que se muestran en el diagrama y su respectiva explicación se detallan a continuación:

- 1. Transporte de materiales de PT:** Corresponde a la actividad de movilización de equipos, materiales y herramientas que utilizará el subcontratista responsable de la instalación de postensado desde su propio almacén hasta el lugar donde queda la obra. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.
- 2. Verificación de materiales de PT:** Consiste en la verificación visual de los implementos del postensado que llegan a obra y también en la revisión de la documentación que acompaña a todo el cargamento; es decir: que todo el contenido de la carga esté debidamente especificado en la guía de remisión y que los materiales tengan sus respectivos certificados de calidad. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 3. ¿Cumplen en cantidad y calidad?:** Es la decisión que antecede a la conformidad de materiales de PT y determinará la aceptación y/o no aceptación de los implementos del postensado, cuando la afirmación es "SI"; se continúa con el proceso número 4, y cuando es "NO"; se regresa al proceso número 1. El responsable de la toma de esta decisión es el Contratista.
- 4. Conformidad de materiales de PT:** Es la actividad de otorgamiento de la buena pro, con la cual los materiales de postensado son aceptados y tienen el consentimiento de ingresar a obra. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 5. ¿Los materiales de PT son pesados?:** Es la decisión para definir la manera en la que el cargamento de PT será ingresado a la obra, los materiales aparentemente pesados deben de tener una cartilla que

indique su respectivo peso, cuando la afirmación es “SI”; se continúa con el proceso número 6, y cuando es “NO”; se continúa con el proceso número 10. El responsable de la toma de esta decisión es el Contratista.

- 6. Solicitud de izaje con grúa:** Es el proceso de dar aviso al equipo de producción de la obra para que autorice y libere la grúa para que se realice el izaje del cargamento. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 7. ¿La grúa tiene capacidad de 3 t?:** Es la decisión que asegurará que la grúa no tenga fallas y/o problemas al momento de realizar el izaje del cargamento, cuando la afirmación es “SI”; se continúa con el proceso número 9, y cuando es “NO”; se continúa con el proceso número 8. El responsable de la toma de esta decisión es el Contratista.
- 8. Reagrupamiento de pesos:** Debido a que los pesos son superiores a los que la grúa puede soportar, se debe manipular el cargamento asegurando esta vez una buena distribución de pesos que vayan de acuerdo a la capacidad de la grúa. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.
- 9. Ingreso de materiales de PT a obra con grúa:** En esta fase el cargamento es izado y trasladado desde el exterior al interior de la obra; se utilizarán eslingas en vez de cadenas para no maltratar los materiales y una vez almacenados deberán ser cubiertos con una manta para evitar la corrosión de los materiales. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 10. Ingreso de materiales de PT a obra con carretilla:** Esta actividad consiste en los trabajos de descarga manual de materiales desde el camión que los trajo y a través de la utilización de una carretilla son transportados hasta su lugar de almacenamiento, los materiales serán cubiertos con una manta para evitar la corrosión. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

- 11. Apuntalamiento y encofrado de losa a trabajar:** Es el punto de partida de los trabajos en las losas, son los que darán forma y soportarán temporalmente el peso de la estructura; la modulación del encofrado y la distribución de puntales será colocada por la cuadrilla de encofradores. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 12. Colocación de malla electrosoldada:** Esta actividad consiste en colocar el refuerzo de acero inferior de la losa, las mallas tendrán que cubrir toda la superficie del encofrado y se deberá respetar el recubrimiento de diseño. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 13. Trazo de ubicaciones de PT sobre el encofrado:** Corresponde a los trabajos de trazo y replanteo del posicionamiento del sistema de postensado, para esto se dejaron marcas con spray sobre el encofrado. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.
- 14. ¿Algo interfiere con el trazo?:** Esta decisión está relacionada con los obstáculos que existen en la losa tales como: refuerzo de columnas, vigas, entre otros elementos que casualmente interfieren con el normal trazo del postensado. Cuando la afirmación es “NO”; se continúa con el proceso número 15, y cuando es “SI”; se regresa al proceso número 13. El responsable de la toma de esta decisión es el Subcontratista.
- 15. Instalación de unidades de anclaje de PT:** Este proceso consiste en armar y colocar las unidades de anclaje, poniendo énfasis en la correcta instalación de las mangueras de inyección, también en unir el cono de desviación y el FTU con cinta de alta resistencia, además se asegurará que las canastillas queden fijamente atadas a la malla de refuerzo inferior, de ser necesario se harán cortes en los frisos del encofrado para poder colocarlos. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

- 16. Instalación de tendones de PT:** Conformado por los trabajos de colocación de sillas y sobre estos los ductos, cada uno de estos tendrá el número de torones que especifique el plano de distribución, los tendones desarrollarán un recorrido en forma de parábolas y para los de mayor longitud se requerirá la unión secuencial de ductos asegurados por abrazaderas metálicas envueltos con cinta de alta resistencia; de esta manera se cierran las juntas y se evita el ingreso de concreto a los tendones, también para esto se sellara la parte final del ducto con cinta denso y finalmente se colocarán las mangueras de ventilación. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.
- 17. Colocación de acero de refuerzo convencional:** Consiste en la colocación del acero de refuerzo que acompañará al sistema postensado, existe una serie de configuraciones de refuerzo para cada detalle presente en la losa y estos están especificados en los planos de detalles típicos, esta tarea la realiza la cuadrilla de fierros de la obra. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 18. Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias:** En este punto se encuentran los trabajos de colocación de pases que servirán para el sistema eléctrico y sanitario de la edificación. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 19. Liberación de losa:** Llegando a esta etapa se requiere la verificación global del estado de la losa, se debe contar con todos los trabajos aprobados por producción, calidad y supervisión, además de entregan de los protocolos de liberación debidamente llenados y firmados por los responsables de cada partida. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.
- 20. ¿La losa inferior esta tensada?:** Esta decisión está relacionada con la resistencia de la losa inferior, se debe verificar que este tensada al 100% para que de esta forma pueda entrar en servicio y soportar las cargas que ejercerá el vaciado de la losa superior y los materiales que irán encima de

este cuando el concreto haya fraguado, cuando la afirmación es “SI”; se continúa con el proceso número 24, y cuando es “NO”; se continúa con el proceso número 21. El responsable de la toma de esta decisión es el Contratista.

21. Ensayo de resistencia del concreto de losa inferior: Este proceso consiste en realizar el ensayo de compresión del concreto, de esta manera se obtiene la resistencia que posee hasta la fecha; el ensayo comprende la aplicación de cargas de manera constante a un mínimo de 3 probetas del concreto extraído al momento del vaciado de dicha losa, las fuerzas se seguirán aplicando hasta que la probeta se fracture. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

22. ¿Alcanzó resistencia mínima?: Esta decisión se relaciona con los resultados de las resistencias obtenidas en los ensayos de compresión de las probetas, dicha resistencia deberá de ser la mínima que indiquen las especificaciones técnicas de los planos, cuando la afirmación es “SI”; se continúa con el proceso número 23, y cuando es “NO”; se regresa al proceso número 21. El responsable de la toma de esta decisión es el Contratista.

23. Tensado de losa inferior: En esta etapa el concreto es sometido a fuerzas de compresión mediante la aplicación de fuerzas de tracción, esto se realiza con la ayuda de un gato hidráulico a través del tensado de cada uno de los torones, inmediatamente después de tensados estos cables se aseguran con cuñas para evitar el deslizamiento de cada uno de ellos, también se registran las elongaciones obtenidas para su posterior análisis por el área de ingeniería. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

24. Vaciado de concreto en losa: Comprende la actividad de trasladar el concreto desde un mixer hasta el encofrado de losa, se realiza a través del bombeo por tuberías, canaletas, cucharas de grúa, etc. La ejecución se debe realizar de forma cuidadosa y a una altura prudente para prevenir

la segregación del concreto, también se ejecutará un buen vibrado para evitar la formación de cangrejas y/o burbujas de aire al interior de la losa. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

25. Acabado y curado de losa: El acabado es la modificación de la textura en la superficie del concreto y el curado es el proceso de mantener un adecuado contenido de humedad del concreto cuando está a temprana edad, el curado comienza después del acabado y ayuda a que pueda desarrollar sus propiedades de resistencia y durabilidad. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

26. ¿Se desea construir una losa superior?: Es la decisión de continuar creciendo verticalmente con la construcción del edificio, se debe de respetar los niveles que especifiquen los planos de plantas y cortes de elevación, cuando la afirmación es “NO”; se continúa con el proceso número 27, y cuando es “SI”; se regresa al proceso número 1. El responsable de la toma de esta decisión es el Contratista.

27. Tensado de losa faltante: En esta etapa se realiza el tensado de todos los torones de la losa superior que vendría a ser la losa de techo del último nivel del edificio, verificando siempre que el concreto haya alcanzado la resistencia mínima para ser sometida a fuerzas de postensado. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

28. Sellado de bordes vivos de losas: Consiste en rellenar los orificios de losa en los lados con borde vivo de cada tendón, esta tarea se realiza con la colocación de mortero combinado con aditivo anti contracción. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

29. Vaciado con concreto de bordes y cajas cuña: Comprende el proceso de vaciado con concreto de las aberturas que se dejaron en la losa debido estrictamente al procedimiento constructivo del postensado; en la cual se dejan espacios sin vaciar para poder introducir el gato hidráulico y poder

maniobrar durante el tensado de los torones, también es importante aclarar que el vaciado se hace con concreto de la misma resistencia que se usó en la losa. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

30. Purgado de tendones: Este proceso consiste en agregar agua dentro de los tendones a través de las mangueras de inyección, posteriormente cada uno de ellos será drenado con aire comprimido hasta quitar toda el agua que tenían en su interior; la finalidad es limpiar de impurezas los tendones. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

31. ¿Existe presencia de algún tendón obstruido?: Esta decisión se toma cuando al momento de realizar los trabajos de purgado de tendones; tanto el agua como el aire no logran salir por el otro extremo del tendón, cuando la afirmación es "SI"; se continúa con el proceso número 32, y cuando es "NO"; se continúa con el proceso número 35. El responsable de la toma de esta decisión es el Subcontratista.

32. Picado de losa: Comprende los trabajos de perforaciones que realizan en la losa siguiendo los trazos horizontales de los tendones que sufrieron obstrucciones durante el proceso de purgado, el picado es pequeño por lo general de 0.25 m x 0.25 m y se realiza de manera cuidadosa tratando de no dañar los tendones. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

33. Reparación de tendón: En este proceso se realiza la refacción de la zona obstruida del tendón, se retiran los elementos que están causando interferencia, se coloca una abrazadera del mismo material que el ducto y se asegura firmemente con cinta de alta resistencia. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

34. Reparación de picado de losa: Esta tarea es la de reparar la zona que ha sido picada agregando grout y logrando que esta zona alcance

rápidamente la resistencia del resto de la losa. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

35. Inyectado de lechada en tendones: Consiste en el proceso de inyectado de lechada dentro de los tendones, de esta manera se asegura la adherencia total de los torones y se minimiza el riesgo de deslizamientos y pérdidas de fuerza de tracción, la lechada deberá tener una relación de agua y cemento equivalente a 0.45. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Subcontratista.

36. Corte de mangueras de ventilación: Es el proceso que consiste en retirar las mangueras de ventilación de las losas debido a que ya cumplieron con su misión y ya no son necesarias, el corte se puede realizar con cuchilla y los agujeros que queden en la losa serán rellenos con grout. El responsable del buen cumplimiento de este proceso es el Contratista.

Presentación del Diagrama de Flujo

Según lo descrito en el título anterior y para el correcto uso de este mecanismo se recomienda seguir el camino señalado que indique el siguiente diagrama del Gráfico 37.

Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

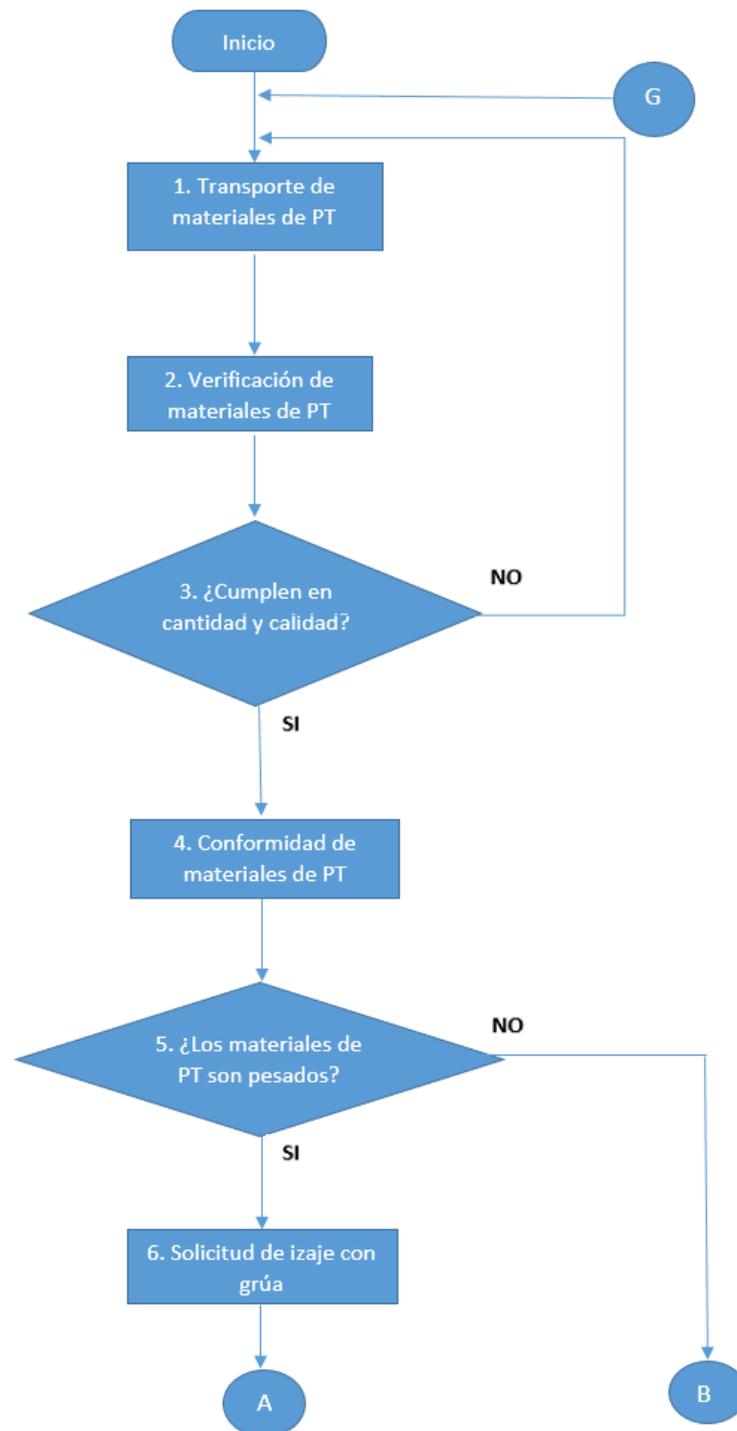


Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

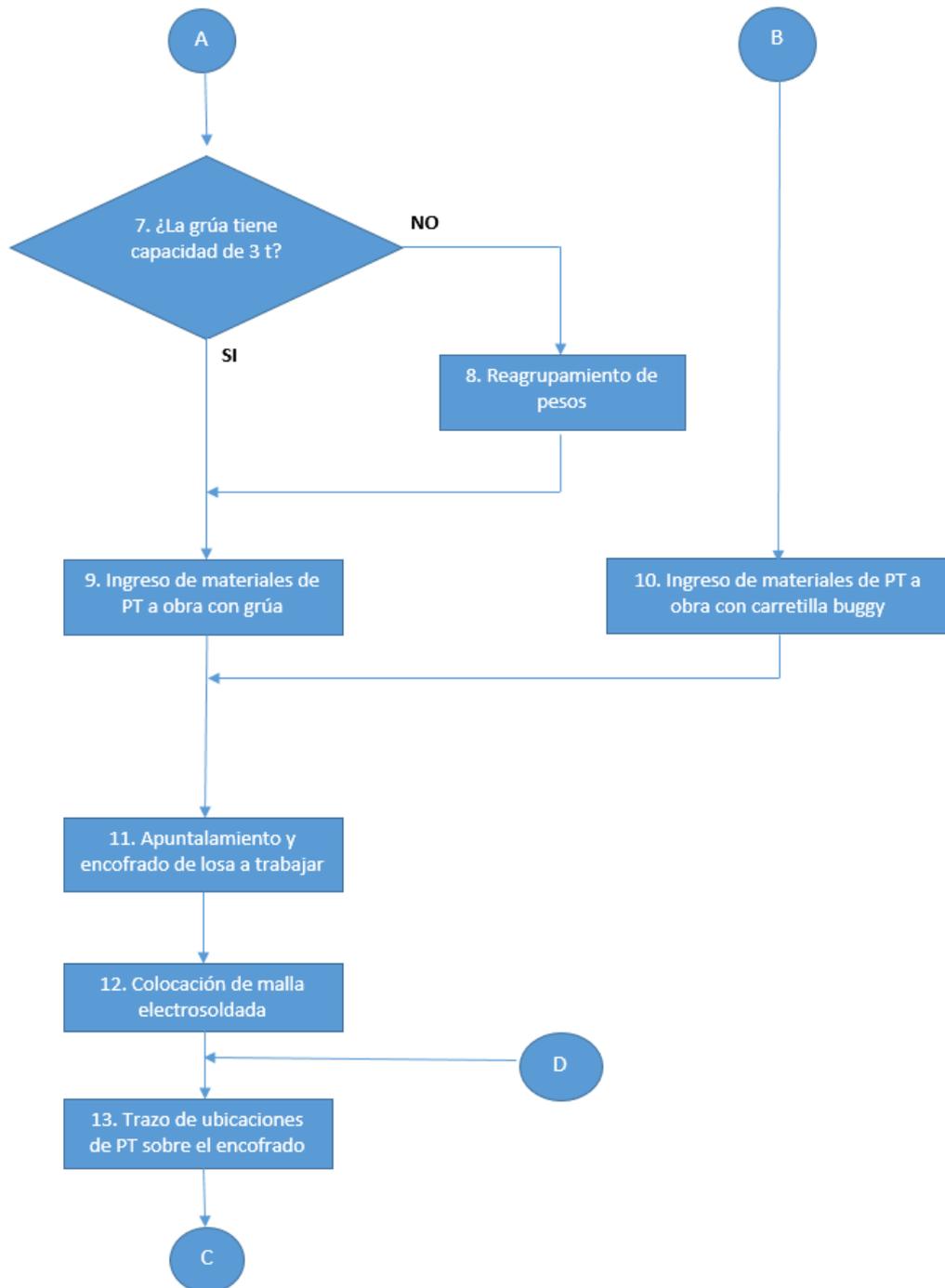


Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

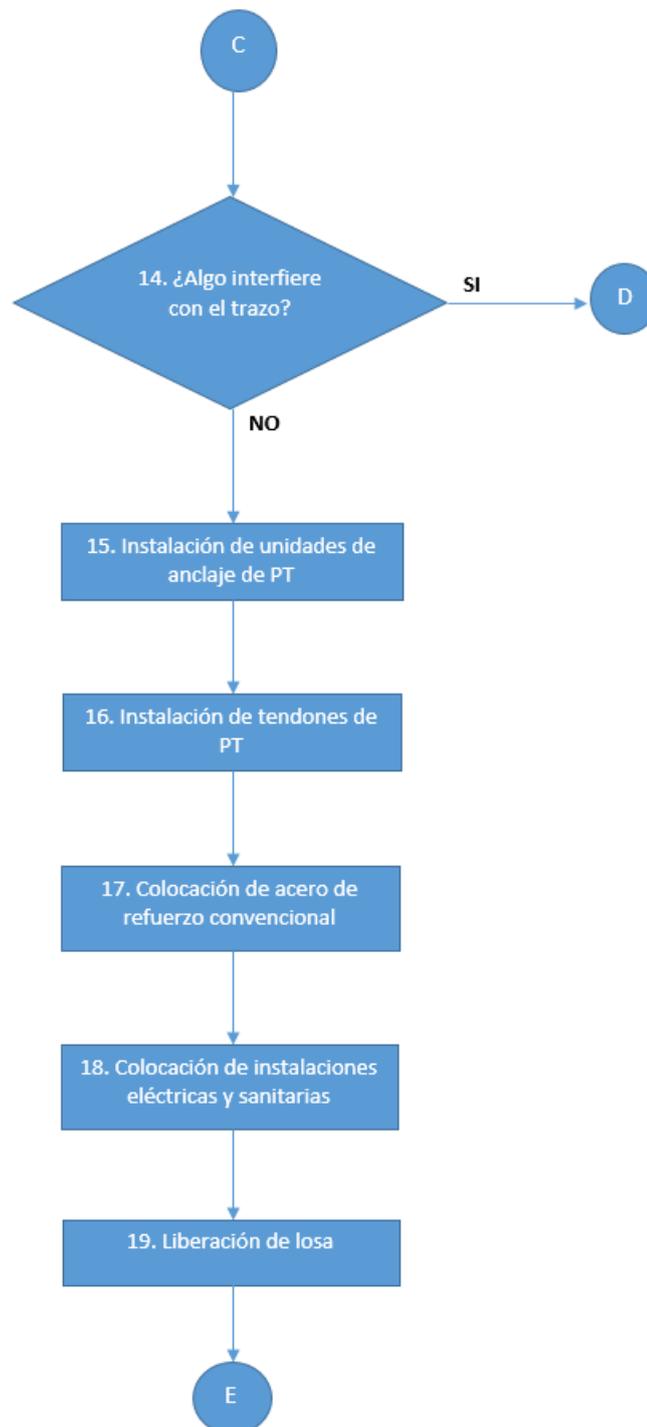


Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

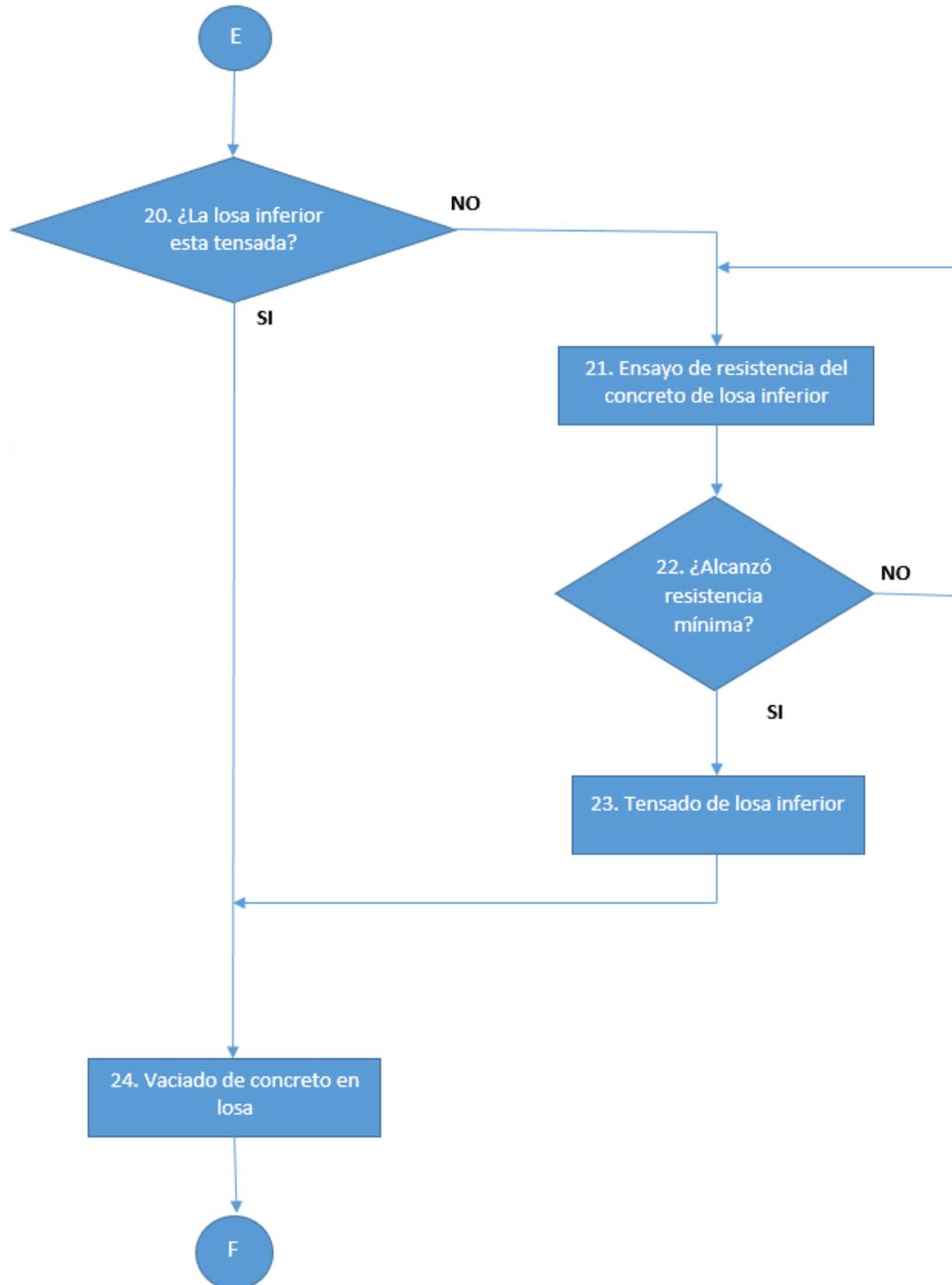


Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

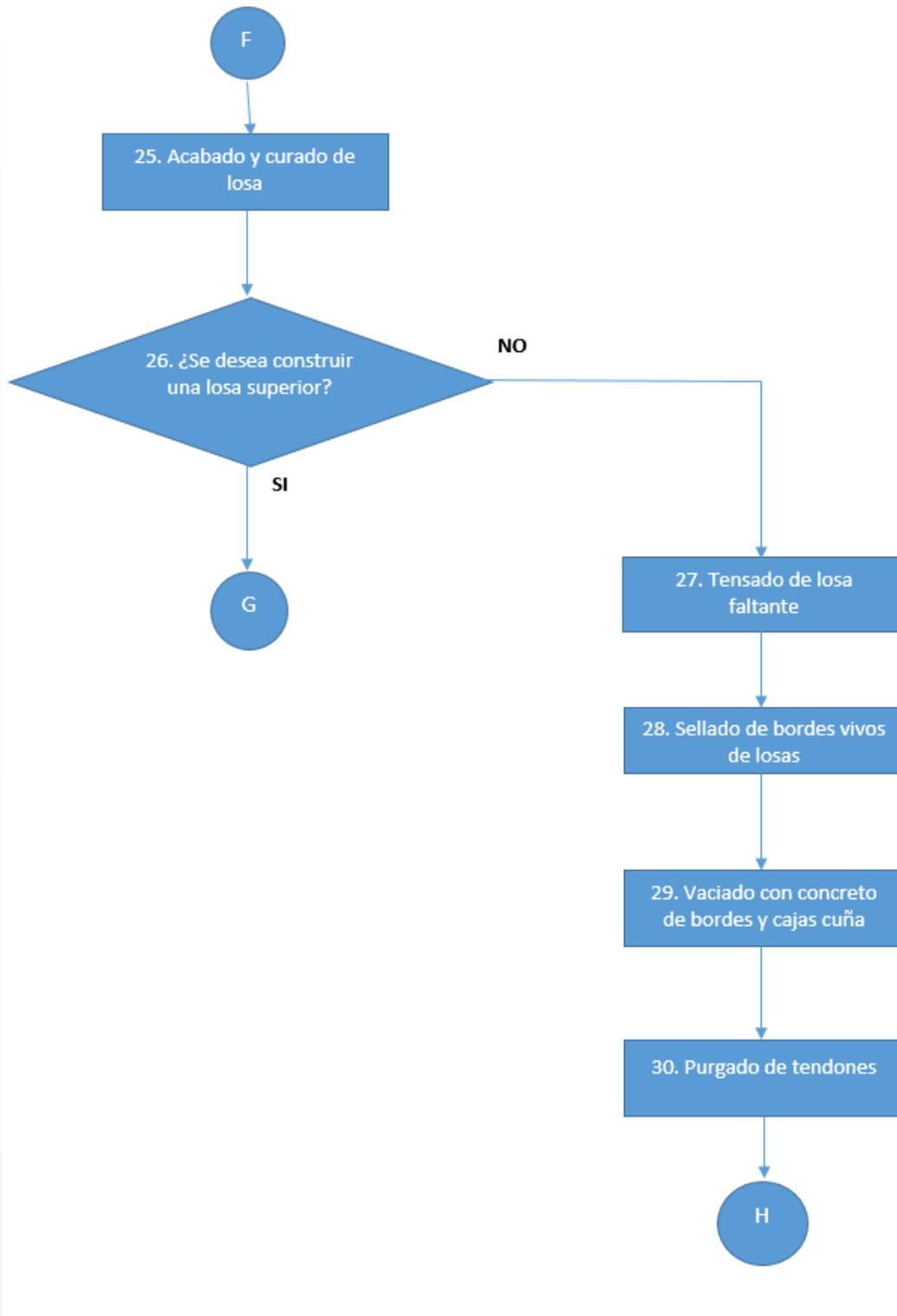
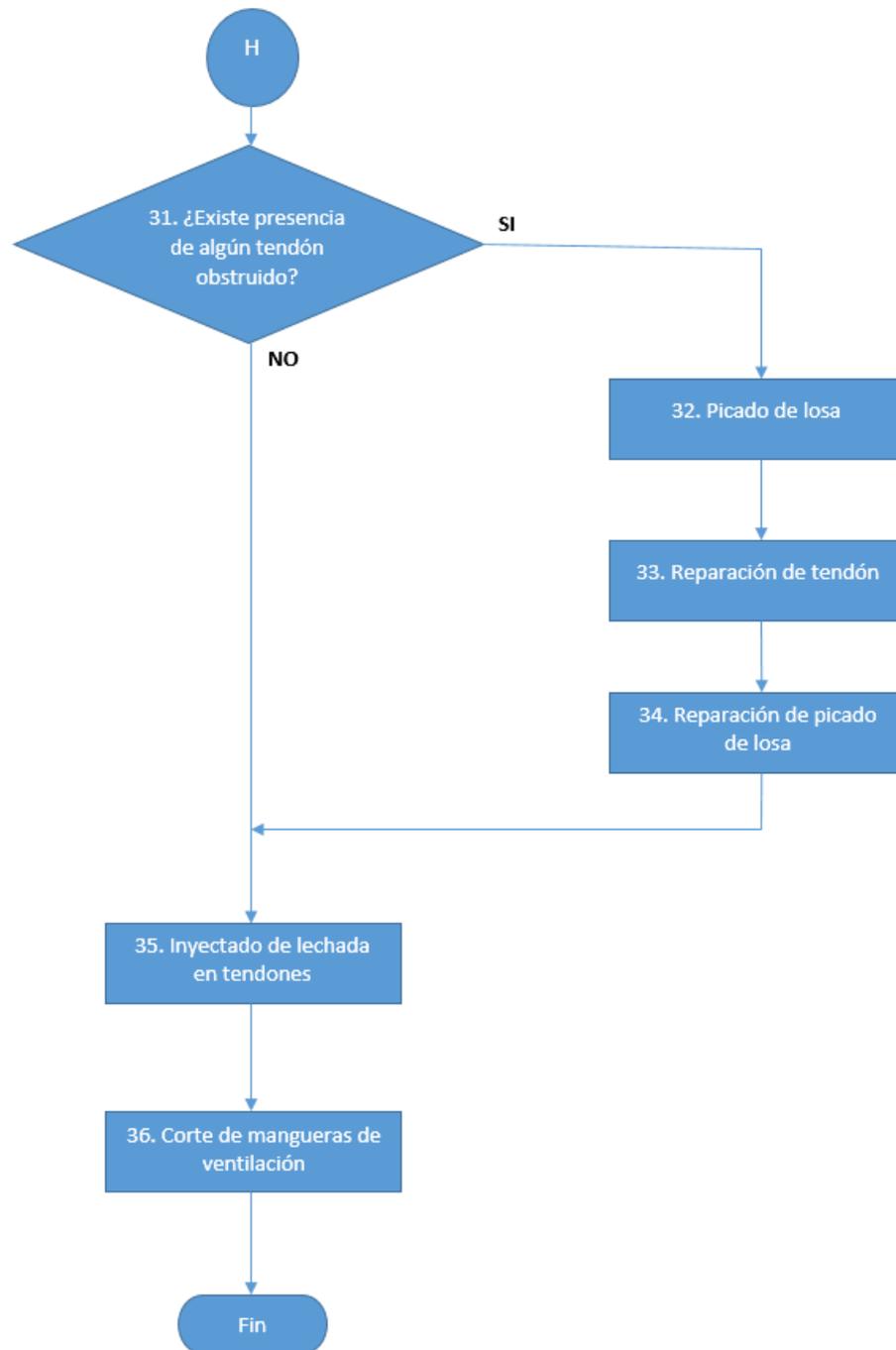


Gráfico 37: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de losas y vigas postensadas



Fuente: Propia

5.3.2 Protocolos de Calidad

Los presentes protocolos de calidad poseen las modificaciones que hacían falta para minimizar los errores y maximizar el control, obteniendo un producto final de calidad.

Se identificaron las debilidades de los anteriores protocolos y se reforzaron con ítems clave, de esta manera se dio un valor agregado al procedimiento de liberación de losas postensadas. A continuación se muestra el resultado de estas:

Protocolo de Instalación

- **Sector:** Indica la ubicación exacta de la zona que se ha revisado para tener un mayor control y seguimiento de calidad, para evitar deflexiones de losa, accidentes, retrabajos, reforzamientos, etc.
- **Rev. Plano:** Indica que revisión de plano se ha utilizado para la liberación de instalación del sistema postensado y poder comprobar que es la última actualización entregada por el área de Diseño e Ingeniería, para evitar trabajar con versiones anteriores.
- **Los torones, anclajes y accesorios no presentan corrosión:** Este ítem indica que los materiales se encuentran libres de corrosión para poder asegurar la calidad en el proceso de su instalación.
- **Los torones tienen la longitud indicada en sus cartillas:** Este ítem asegura que la longitud de los torones que llegan a obra son los de diseño y evita generar re-trabajos por una mala instalación o generar cajas rectas para poder tensar los cables.
- **Los torones no presentan daño a lo largo de su estructura:** Este ítem previene que al momento de tensar un torón se rompa por presentar cortes o deterioro de sus fibras (lo cual genera un sobre costo y pérdida de tiempo).

- **Se ha verificado el nivel de altura del encofrado y contraflechas:** Este ítem indica que el nivel a instalar el sistema postensado es el correcto y no habrá modificación que implicarían re trabajos y tiempo perdido.
- **Se ha verificado la modulación del encofrado (separación, capacidad, marca de los puntales, ubicación, etc.):** Este ítem indica que se tiene que respetar la modulación dada en planos de Encofrado por su especialista, para evitar deflexiones de losa, accidentes, retrabajos, reforzamientos, etc.
- **Se ha realizado los puntos de referencia por parte de topografía en el encofrado:** Este ítem indica que la cuadrilla de topografía autorizada por el contratista principal asegura que a partir de sus puntos de referencia
- **Leyenda:** Indica los términos usados dentro del protocolo para tener una clara información del trabajo.

CP = Contratista principal

N/A = No aplica

PT = Postensado

SC = Subcontratista

DT = Detalle típico

CE = Cables eléctricos

- **Tolerancias en la Instalación del tendón:** Indica cual es la tolerancia permisible que se puede aplicar en campo, sin necesidad de hacer consultas al área de Ingeniería y Diseño lo cual genera un costo adicional.

Vertical : +/- 5mm en puntos altos y bajos

Horizontal: Separación con CE : 200mm

- **Los planos presentan la firma del área de Ingeniería del CP:** Indica que el contratista principal a cargo de sus especialistas están asegurando que los planos usados para la ejecución de los trabajos son los correctos y actualizados.
- **Asegurar recubrimiento mínimo de 50mm (viga) y/o 20mm (losa):** Este ítem indica el recubrimiento mínimo que debe tener los tendones Postensados para evitar corrosión y su desprendimiento de la losa a la hora de realizar su purgado.
- **Las mangueras de inyección y de ventilación permanecen en su posición inicial:** Esta revisión indica y detalla si hay algún cambio en la posición de las mangueras que impidan o retrasen el trabajo de purgado e inyectado.
- **Los tendones no presentan desplazamiento por el movimiento de la bomba de vaciado:** Este ítem indica que a causa de la vibración de la bomba de vaciado el tendón postensado se mueve de su eje por tanto se tiene que verificar que la bomba no se encuentre en contacto con el tendón para evitar retrabajos.
- **Detalles Típicos:** Indica si se están aplicando correctamente los detalles para cada tipo de estructura, especificando su detalles, ubicación, diámetro y recomendaciones, para evitar retrabajos y sobrecostos por reforzamiento.
 - ✓ Se aplicó el detalle de borde de losa (DT 26 o 30)
 - ✓ Se aplicó el detalle de anclaje muerto (DT 03,06)
 - ✓ Se aplicó el detalle de caja recta (DT 09, 10 ,11)
 - ✓ Se aplicó el detalle de caja cuña (DT 08)
 - ✓ Se aplicó el detalle refuerzo superior e inferior de capitel (DT 24)
 - ✓ Se aplicó el detalle de punzonamiento (DT 20)

- ✓ Se aplicó el detalle de banda de vaciado (DT 14,15)
- ✓ otros:
- La Tabla 25 muestra el Protocolo de instalación propuesto

Tabla 25: Protocolo de instalación para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD EN INSTALACIÓN																																
Proyecto:	Nivel:	Código:																														
Supervisión:	Frente:	N° Correlativo:																														
Contratista:	Sector:	Fecha:																														
Rev. Plano:																																
ANTES DE LA INSTALACIÓN																																
<p>Los torones, anclajes y accesorios no presentan corrosión</p> <p>Los torones tienen la longitud indicada en sus cartillas</p> <p>Los torones no presentan daño a lo largo de su estructura</p> <p>Se ha verificado el nivel de altura del encofrado y contraflechas</p> <p>Se ha verificado la modulación del encofrado (separación, capacidad, marca de los puntales, ubicación, etc)</p> <p>Se ha realizado los puntos de referencia por parte de topografía en el encofrado</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">INSPECCIONADO</th> </tr> <tr> <th>SI</th> <th>NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	INSPECCIONADO		SI	NO															<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Legenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>CP = Contratista principal</td></tr> <tr><td>N/A = No aplica</td></tr> <tr><td>PT = postensado</td></tr> <tr><td>SC = Subcontratista</td></tr> <tr><td>DT = Detalle típico</td></tr> <tr><td>CE = Cables eléctricos</td></tr> </tbody> </table>	Legenda	CP = Contratista principal	N/A = No aplica	PT = postensado	SC = Subcontratista	DT = Detalle típico	CE = Cables eléctricos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tolerancias en la Instalación del tendón</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Vertical: +/- 5mm en puntos altos y bajos</td></tr> <tr><td>Horizontal: +/- 200mm</td></tr> <tr><td>Separación con CE: 200mm</td></tr> </tbody> </table>	Tolerancias en la Instalación del tendón	Vertical: +/- 5mm en puntos altos y bajos	Horizontal: +/- 200mm	Separación con CE: 200mm
INSPECCIONADO																																
SI	NO																															
Legenda																																
CP = Contratista principal																																
N/A = No aplica																																
PT = postensado																																
SC = Subcontratista																																
DT = Detalle típico																																
CE = Cables eléctricos																																
Tolerancias en la Instalación del tendón																																
Vertical: +/- 5mm en puntos altos y bajos																																
Horizontal: +/- 200mm																																
Separación con CE: 200mm																																
DURANTE LA INSTALACIÓN																																
ITEMS	INSPECCIONADO		ANOTACIONES																													
	SI	NO																														
Revisar todos los planos (Última Versión)																																
Los planos presentan la firma del área de Ingeniería del CP																																
DISPOSICION GENERAL																																
Lugares y dimensiones de caja cuña ó recta																																
Lugares y dimensiones de Ancla																																
REFUERZO PT																																
Refuerzo primario del anclaje																																
Refuerzo de caja cuña o recta																																
CONDUCTOS Y TENDONES PT																																
ANCLAJE VIVO	Tamaño del casetón (Rec. Mín. para la cabeza del anclaje)																															
	Anclajes son ajustados y asegurados al encofrado de losa																															
	Ductos fijados al lado interior del anclaje																															
	Cinta adhesiva en la unión (Anclaje/Ducto)																															
	Masking tape en el casetón																															
	Tubo de inyección (40cm sobre NPT)																															
	Tubo de inyección ajustado al acero de refuerzo																															
	Cabeza de tubo de inyección recubierta con masking tape																															
BORDE MUERTO	Longitud final de borde muerto (L: 120cm desde el extremo del ducto)																															
	E/E Bulbo: 10cm ubicado en el medio de la losa																															
	Soportes de acero en las cajas de borde muerto																															
	Bulbos ajustados al acero de refuerzo																															
	Cinta Denso al final del ducto																															
	Tubo de ventilación (40cm sobre NTP)																															
	Tubo de ventilación ajustado al acero de refuerzo																															
Tubo de ventilación recubierto con masking tape																																

Tabla 25: Protocolo de instalación para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas

PERFIL	Chequear todos los puntos altos					
	Chequear todos los puntos bajos					
	Perfil parabolico contactando todos los puntos					
	Alineamiento visual recto					
	Ductos asegurados al refuerzo de losa					
	Ductos asegurados a las sillas					
TENDONES	Tubos de ventilación intermedios (maximo 20m)					
	Numero de tendones (de acuerdo a los planos de obra)					
	Numero de Torones por tendón (de acuerdo a los planos de obra)					
	Colas de Torones \geq 35cm desde el encofrado de borde losa					
	Sin grandes daños en los ductos					
	Caja cuña cubierta con hoja plastica (antes de vaciado)					
Asegurar recubrimiento mínimo de 50mm (viga) y/o 20mm (losa).						
DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN						
<p>Las mangueras de inyección y de ventilación permanecen en su posición inicial Los tendones no presentan desplazamiento por el movimiento de la bomba de vaciado</p> <p>DETALLES TÍPICOS</p> <p>Se aplicó el detalle de borde de losa (DT 26 ó 30) Se aplicó el detalle de abertura (DT 29 ó 31) Se aplicó el detalle de anclaje vivo (DT 02,05) Se aplicó el detalle de anclaje muerto (DT 03,06) Se aplicó el detalle de caja recta (DT 09, 10, 11) Se aplicó el detalle de caja cuña (DT 08) Se aplicó el detalle refuerzo superior e inferior de capitel (DT 24) Se aplicó el detalle de punzonamiento (DT 20) Se aplicó el detalle de banda de vaciado (DT 14,15) otros:</p>			INSPECCIONADO			ANOTACIONES
			SI	NO	N/A	
Elaborado por SC de Postensado		Aprobado por Producción de CP		Aprobado por Calidad de CP		
Nombre:		Nombre:		Nombre:		
Fecha:		Fecha:		Fecha:		
Firma:		Firma:		Firma:		
Aprobado por Inspección Técnica de Obra: (Supervisión)						
Nombre:						
Fecha:						
Firma:						

Fuente: Propia

Protocolo de Tensado

El siguiente cuadro indica la revisión del equipo de tensado según su modelo y sus certificados de calibración para asegurar que el equipo está calibrado. (Ver Tabla 26)

Tabla 26: Calibración del equipo de tensado

Equipo De Tensado	Serie	Certificado De Calibración
Bomba hidráulica:		
Gata hidráulica:		
Manómetro		

Fuente: Propia

Las mangueras hidráulicas no presentan daño en su estructura: Esta revisión indica en qué condiciones están para realizar la labor de tensado, su omisión implicaría malos resultados en las elongaciones de tensado lo cual implicaría un análisis del área de Ingeniería (Costo adicional).

Los bordes vivos se encuentran desencofrados: Indica que se ha retirado los elementos que sellan los bordes vivos para realizar el proceso de tensado.

Los bordes vivos no presentan cangrejas: Indica si cerca a los anclajes se tienen vacíos de concreto que afecten el tensado, debido a que esa zona no generará resistencia a la Fuerza de tensado.

Se tienen plataformas de 80 cm como mínimo para el tensado y barandas perimetrales: Este ítem permite verificar las condiciones de seguridad necesarias para que el operario de tensado pueda realizar los trabajos de tensado en los frisos de losa eliminando una condición insegura y evitando tiempo perdido.

Se cuentan con andamios aprobados por Seguridad: Indica que las zonas donde se han colocado andamios estén debidamente aprobadas y firmadas por el área de Seguridad en sus cartillas de operatividad, esto evita generar tiempo perdido por paralizaciones de seguridad.

Las cabezas de anclajes y cuñas no presentan corrosión: Indica que los accesorios para tensado están en buen estado antes de proceder con el trabajo de tensado y evitar fallas por rompimiento, hundimiento, fisuración, etc.

Se ha limpiado las mechas postensadas con anticorrosivo: Indica que antes de realizar el proceso se debe limpiar las mechas postensadas para obtener una buena adherencia entre la gata hidráulica y el torón para evitar variaciones en las elongaciones.

Se ha realizado una marca al borde de cada cuña para medir su extensión: Indica el punto de referencia inicial de donde se procederá a medir la extensión real para posteriormente compararlas con la extensión teórica y ver su porcentaje de error.

Leyenda: Indica los términos usados dentro del protocolo para tener una clara información del trabajo

CP = Contratista principal

N/A = No aplica

PT = postensado

RMPT = Resistencia mínima para tensar

RDS: Resistencia del Sector

SC = Subcontratista

Tolerancias de tensado de tendones: Indica cual es la tolerancia permisible en porcentaje comparando la extensión teórica con la real que se puede aplicar en obra, sin necesidad de hacer consultas al área de Ingeniería y Diseño lo cual genera un costo adicional.

Para tendones $\geq 25\text{m}$ = $\pm 7\%$

Para tendones $< 25\text{m}$ = $\pm 10\%$

Fecha de vaciado: Este ítem indica la fecha de inicio para controlar el tiempo de resistencia en losas y vigas PT para poder controlar mejor los tiempos de trabajo y evitar tiempos perdidos.

Fecha de entrega de Resistencia: Este ítem indica la fecha en la que se ha entregado los resultados de la losa PT (serán mayores a la resistencia mínima requerida para el tensado).

RMPT: Indica la resistencia mínima que deben tener las losas y vigas postensadas para proceder con los trabajos de tensado, este dato nos asegura que todos los responsables han verificado que la resistencia mínima es la especificada en el plano PT y evitar que se generen fisuras y agrietamientos por tensar antes de tiempo.

RDS: Indica la resistencia del sector vaciado que debe ser mayor a la resistencia mínima especificada en el plano de losas y vigas postensadas para proceder con los trabajos de tensado, este dato nos asegura que todos los responsables han verificado que la resistencia del sector es mayor a la RMPT para evitar que se generen fisuras y agrietamientos por tensar la losa.

Fuerza de Tensado: Indica la fuerza constante aplicada a los torones postensados, este dato nos asegura que todos los responsables han verificado que la fuerza aplicada es la especificada en plano y evitar que se generen fisuras y agrietamientos por aplicar una fuerza mayor a la de diseño.

La Tabla 27 muestra el Protocolo de instalación propuesto.

Tabla 27: Protocolo de tensado para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas

Referencia de los Tendones	Secuencia de Torones	Extensión Actual	Extensión Promedio	Extensión Teórica	%	Anotaciones
Tipo	Izquierdo int.	Página 1				
Número	Derecho int.					
	Izquierdo ext.					
	Derecho ext.					
	Centro					
Tipo	Izquierdo int.					
Número	Derecho int.					
	Izquierdo ext.					
	Derecho ext.					
	Centro					
Tipo	Izquierdo int.					
Número	Derecho int.					
	Izquierdo ext.					
	Derecho ext.					
	Centro					
Tipo	Izquierdo int.					
Número	Derecho int.					
	Izquierdo ext.					
	Derecho ext.					
	Centro					
Tipo	Izquierdo int.					
Número	Derecho int.					
	Izquierdo ext.					
	Derecho ext.					
	Centro					
Elaborado y Revisado Por: (Especialista de PT)		Revisado Por: Producción ()			Aprobado Por: Calidad ()	
Nombre:		Nombre:			Nombre:	
Fecha:		Fecha:			Fecha:	
Firma:		Firma:			Firma:	
Aprobado por Inspección Técnica de Obra: Supervisión ()						
Nombre:						
Fecha:						
Firma:						

Fuente: Propia

Protocolo de Inyectado.

- **Equipo de inyectado:** El siguiente cuadro indica la revisión del equipo de inyectado según su modelo y sus certificados de calibración, para asegurar que el equipo está calibrado y no haya errores en la mezcla que afecte la adherencia de los tendones con la losa (su omisión implicaría reforzar las losas) ver tabla 28.

Tabla 28: Certificado de calidad del equipo de inyectado

Equipo de Inyectado	Serie	Certificado De Calidad
Bomba sumergible:		
Mixer:		
Manómetro		

Fuente: Propia

- **Leyenda:** Indica los términos usados dentro del protocolo para tener una clara información del trabajo
 - CAT = Carta de aprobación de Tensado
 - N/A = No aplica
 - PT = postensado
 - SC = Subcontratista
 - Kg = Kilogramos
 - ACI = Agua contra incendio
- **La losa se encuentra tensada al 100% y se ha entregado la CAT al Contratista Principal:** Indica y asegura que la losa ha sido tensada por completo y se puede realizar el inyectado sin inconvenientes, su omisión haría que se inyecte un tendón no tensado y esto ocasionaría a que dicho tendón no aporte la resiste a la losa para lo cual se tendría que analizar y reforzar (Costo adicional y Tiempo perdido).
- **Se verificó que los orificios de los anclajes hayan sido sellados con mortero:** Indica y asegura que los orificios deben ser sellados de acuerdo a las especificaciones, su omisión afectaría y mancharía a terceros

(materiales, equipos, etc.) lo que ocasionaría un costo adicional por reparaciones, remplazo de materiales, equipos, etc.

- **Se verificó que la losa no presenta materiales encima de las mangueras de inyección y ventilación (Desmontes, materiales de otras SC, Equipos, Casetas u Oficinas, etc.):** Indica y asegura que el área está totalmente libre de interferencias para realizar el inyectado para cumplir con el cronograma establecido.
- **Se verificó que la losa no presente perforaciones por otras SC (ACI, Sanitarias, Eléctricas, etc.):** Indica y asegura que los tendones no han sufrido daño en toda su longitud antes del inyectado, su omisión implicaría costo adicional por reparaciones, remplazo de materiales, equipos, etc.
- **Se ha realizado pruebas de lechada para verificar su resistencia:** Indica si se ha realizado pruebas de lechada para posteriormente ensayarlas y verificar su resistencia, este requisito es importante para controlar el tiempo de perforaciones en la losa.
- **Cuadro de insumos y cantidades para la lechada:** El presente cuadro (Tabla 29) indica las medidas de los material para preparar la lechada y permite calcular la proporción de la mezcla (no debe exceder de 0.45 según la Norma técnica peruana), previene los errores en la mezcla que afecte la adherencia de los tendones con la losa (su omisión implicaría reforzar las losas).

Tabla 29: Dosificación de lechada

Materiales	Unidad de Medida	Cantidad	Observaciones
Cemento	Kg		
Agua	Litros		
Aditivo	Kg		
Proporción	kg/litros		

Fuente: Propia

La Tabla 30 muestra el Protocolo de inyectado propuesto.

Tabla 30: Protocolo de inyectado para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas (Continúa en la siguiente página)

PROTOCOLO DE CONTROL DE CALIDAD DE INYECTADO																							
Proyecto:	Frente:	Código:																					
Supervisión:	Sector:	N° Correlativo:																					
Contratista:	Fecha:	Nivel:																					
Rev. del plano:																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">EQUIPO DE INYECTADO</th> <th style="width: 33%;">SERIE</th> <th style="width: 33%;">CERTIFICADO DE CALIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bomba sumergible:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mixer:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Manómetro</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPO DE INYECTADO	SERIE	CERTIFICADO DE CALIDAD	Bomba sumergible:			Mixer:			Manómetro			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Leyenda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CAT = Carta de aprobación de Tensado</td> </tr> <tr> <td>N/A = No aplica</td> </tr> <tr> <td>PT = postensado</td> </tr> <tr> <td>SC = Subcontratista</td> </tr> <tr> <td>Kg = Kilogramos</td> </tr> <tr> <td>ACI = Agua contra incendio</td> </tr> </tbody> </table>		Leyenda	CAT = Carta de aprobación de Tensado	N/A = No aplica	PT = postensado	SC = Subcontratista	Kg = Kilogramos	ACI = Agua contra incendio	
EQUIPO DE INYECTADO	SERIE	CERTIFICADO DE CALIDAD																					
Bomba sumergible:																							
Mixer:																							
Manómetro																							
Leyenda																							
CAT = Carta de aprobación de Tensado																							
N/A = No aplica																							
PT = postensado																							
SC = Subcontratista																							
Kg = Kilogramos																							
ACI = Agua contra incendio																							
PUNTOS A VERIFICAR ANTES DE INICIAR EL PROCESO DE INYECCION																							
		SI	NO	N/A																			
1.01.00	La losa se encuentra tensada al 100% y se ha entregado la CAT al Contratista Principal																						
1.01.00	Se verificó que los orificios de los anclajes hayan sido sellados con mortero.																						
1.02.00	Se verificó que la losa no presenta materiales encima de las mangueras de inyección y ventilación (Desmontes, materiales de otras SC, Equipos, Casetas u Oficinas, etc)																						
1.03.00	Se verificó que la losa no presente perforaciones por otras SC (ACI, Sanitarias, Eléctricas, etc)																						
1.04.00	Se verificó si se realizó el purgado del ducto, confirmar que no este bloqueado.																						
1.05.00	Se verificó si el Tendon tiene manguera de inyección y manguera de ventilación.																						
1.06.00	Se verificó que al añadir cuidadosamente el cemento a la mezcladora no se forme grumos en la mezcla.																						
1.07.00	Se verificó que al momento de inyectar el ducto no se bloqueo.																						
1.08.00	Se culminó la inyección del ducto sin problemas.																						
1.09.00	Se Verificó que se hayan sellado las mangueras de ventilación al finalizar la inyección del Tendón PT.																						
1.10.00	Se ha realizado pruebas de lechada para verificar su resistencia																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Materiales</th> <th style="width: 15%;">Unidad de Medida</th> <th style="width: 15%;">Cantidad</th> <th style="width: 50%;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento:</td> <td>kg</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua:</td> <td>litros</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aditivo</td> <td>kg</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proporción</td> <td>kg/litros</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Materiales	Unidad de Medida	Cantidad	Observaciones	Cemento:	kg			Agua:	litros			Aditivo	kg			Proporción	kg/litros			<p>Nota : La máxima proporción para la lechada según norma es de 0.45</p>	
Materiales	Unidad de Medida	Cantidad	Observaciones																				
Cemento:	kg																						
Agua:	litros																						
Aditivo	kg																						
Proporción	kg/litros																						

Tabla 30: Protocolo de inyectado para el control de calidad en la ejecución de losas y vigas postensadas

Items	Tendon Nro.	Tendon Tipo	Culminados		Observaciones
			Si	No	
1	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
2	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
3	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
4	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
5	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
6	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
7	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
8	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
9	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
10	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
11	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
12	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
13	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
14	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
15	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
16	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
17	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
18	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
19	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
20	Tendon Nro.	Tendon Tipo			
Elaborado y Revisado Por: (SC)			Revisado Por: Producción		Aprobado Por: Calidad
Nombre:		Nombre:		Nombre:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Aprobado por Inspección Técnica de Obra: Supervisión					
Nombre:					
Fecha:					
Firma:					

Fuente: Propia

5.4 Contrastación de Hipótesis

5.4.1 Contrastación de Hipótesis Principal.

Habiéndose determinado que la hipótesis principal plantea que: Proponiendo la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas se asegura su eficacia técnico-económica.

Los trabajos realizados en campo permiten entender el estado de desorganización y frecuentes errores con el que se viene ejecutando este sistema de postensado, y es el reflejo de los escasos controles de calidad que se están empleando actualmente; los análisis realizados con los principales softwares de gestión corroboran la falta de diligencias en este tipo de obras. De esto se infiere que la Implementación de Herramientas Básicas de Calidad tendría beneficios positivos para el cumplimiento de la eficacia técnico-económica por lo que se acepta la Hipótesis Principal.

5.4.2 Contrastación de Hipótesis Secundaria.

Contrastación de Hipótesis Secundaria 1

Habiéndose determinado que la hipótesis secundaria considera que: Proponiendo un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas se asegura el cumplimiento del cronograma previsto.

La realización de las encuestas hechas en campo demuestran el escaso conocimiento de los procesos que comprenden el sistema postensado en edificaciones, y el análisis comparativo entre el cronograma previsto y el cronograma ejecutado de la obra Panorama Plaza Negocios confirman que la incorrecta secuencia de los trabajos genera incidentes que incrementan el tiempo de ejecución de la obra. De esto se infiere que la creación de un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas tendría

beneficios positivos para el cumplimiento del cronograma previsto por lo que se acepta la Hipótesis secundaria 1.

Contrastación de Hipótesis Secundaria 2

Habiéndose determinado que la hipótesis secundaria considera que: La propuesta de nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas aseguran el cumplimiento de su presupuesto planificado.

La realización de las encuestas hechas en campo indican que en la mayoría de los casos el control de calidad se llevó a cabo de una manera precaria y que los documentos como los protocolos no eran los indicados para llevar un buen registro de liberaciones por lo tanto se tuvo que incurrir en gastos no previstos, del análisis de estos adicionales realizado con el programa S10 se confirma y se aprecia un incremento en los costos de inversión para la ejecución de la obra debido a los trabajos de reparación de losas postensadas. De esto se infiere que el mejoramiento de los protocolos de liberación de vigas y losas postensadas tendría beneficios positivos en el cumplimiento del presupuesto planificado por lo que se acepta la Hipótesis secundaria 2.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Discusión

La presente investigación tuvo como propósito implícito dar a conocer el estado actual de la elaboración de losas postensadas en edificaciones, y como propósito explícito proponer Herramientas Básicas de Calidad que complementen y contribuyan a enriquecer el sistema de gestión existente en la realización de obras futuras con sistema de losas postensadas.

El punto de partida fue la experiencia vivida en obra con el caso práctico tomado en cuenta para esta tesis (Proyecto Panorama Plaza Negocios) en el cual se observó una serie de deficiencias como: problemas de agrietamientos, omisión de detalles típicos para reforzamiento del postensado, falta de experiencia del personal de ingeniería del contratista con respecto al tema, y el más grave fue la deflexión de 6 de las 9 losas existentes en los sótanos.

A partir de lo anterior y para verificar que la problemática no solo estaba presente en la obra Panorama se realizó un diagnóstico encuestando a Ingenieros que participaron en otras obras, teniendo como resultado:

El 83% de encuestados afirma que el control de calidad de las vigas y losas postensadas se llevó a cabo de una forma entre regular y mala, el mismo porcentaje de encuestados sostiene que la información de los procesos que comprenden el postensado no estaban al alcance de todos los responsables.

El 83% de encuestados indica que no se llegó a cumplir con la fecha de entrega de la obra, y el 100% considera que la existencia de un mecanismo que indique los procesos del sistema ayudaría en el cumplimiento de las fechas establecidas.

El 89% afirma que debido a los malos controles se incurrió en gastos adicionales por reparación de losas postensadas, y el 100% corrobora que la

mejora de los protocolos ayudaría a llevar un mejor registro y se evitaría incurrir en sobrecostos para esta partida.

Tomando toda la información obtenida como pilares se procede a realizar el comparativo entre el cronograma y el presupuesto previstos inicialmente con los ejecutados, considerando la reparación de losas postensadas de nuestro caso práctico. Aquí se cuantifican los daños causados por motivos de las incorrectas prácticas y los malos controles de calidad, expresando los resultados en unidades de tiempo y dinero extra.

De los análisis realizados en esta investigación se puede decir que existen características fundamentales para definir la calidad del producto final, en este caso nos referimos a la calidad de las vigas y losas postensadas adheridas que cuando son sometidas a una inspección se observa que sus características representadas con valores cuantitativos o cualitativos varían entre las demás unidades comparadas. Es por esto que la implementación de herramientas básicas de calidad dentro de la metodología de ejecución del postensado ayuda al registro y análisis de los datos, de esta manera se identifican aquellos factores que disminuyen la calidad, afectando técnica y económicamente en la eficacia de la ejecución de los mismos.

Las pruebas de que las malas prácticas empleadas durante la ejecución de las vigas y losas postensadas conllevan a malos resultados en la obtención de productos de calidad son contundentemente claras, y no queda duda de que este es el motivo del desencadenamiento de incidentes como lo fue el caso de las deflexiones que afectaron ampliando la duración del proyecto y generando costos adicionales. Es por esto que indudablemente se aceptan herramientas de apoyo para mejorar los procesos de ejecución de estas losas, haciendo de la propuesta de un diagrama de flujo y de la mejora de los protocolos de calidad una contribución decisiva para el mejoramiento de este sistema.

6.2 Conclusiones

1. La difusión y puesta en práctica del diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas durante las etapas de planeamiento y posterior realización de los trabajos minimizará los retrasos en la toma de decisiones correctas y ayudara en el cumplimiento del cronograma previsto debido a que las ampliaciones de tiempo se producen por la falta de conocimiento de los interesados y ejecutores de este sistema.
2. Los nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas son versátiles, están estandarizados y abarcan los requerimientos que facilitan una correcta liberación; estan enfocados tanto a la prevención como a la mitigación de errores durante las instalaciones y a la vez evitar costos por retrabajos para asegurar el cumplimiento del presupuesto planificado.
3. Con respecto al caso práctico Edificio Panorama Plaza Negocios, en el análisis y creación del cronograma de ejecución de obra considerando la reparación de las losas postensadas deflectadas por las malas prácticas durante su ejecución; se concluye que la ampliación del plazo fue de 30 días hábiles representando un incremento de 5.63% de la duración prevista.
4. Del análisis y creación del presupuesto para la reparación de las losas postensadas deflectadas en el caso práctico Panorama Plaza Negocios se concluye que el costo por reparación asciende a un total de S/. 531,234.38 que se traduce en la disminución de las utilidades en un 2.09%.

6.3 Recomendaciones

1. Se recomienda que el diagrama de flujo propuesto en la presente tesis este considerado dentro de los trípticos de calidad que entregan las empresas contratistas que emplean este tipo de sistema en sus construcciones, y este sea entregado a todo el personal durante las charlas de inducción a las obras para que tengan conocimiento de los principales procesos que lo componen.
2. Se recomienda que las liberaciones con los nuevos protocolos propuestos en la presente tesis se realice en presencia de todos los responsables y sean firmados inmediatamente después de finalizada la liberación, estos documentos deberán ser resguardados en un banco documentario en forma correlativa.
3. Se recomienda que el personal de ingeniería y también los obreros en general tengan una capacitación especial con respecto a los trabajos de postensado, logrando que sean conscientes de la responsabilidad que esto implica y que se comprometan a respetar los procedimientos y detalles típicos del postensado al momento de su construcción.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arroyo C., Mason R., Calvo J., Lima J., Martínez F., Recabado R., Calvo (2010) *Losas Postensadas en Edificación* (Sesión Técnica Monográfica No. 03). Asociación de Consultores Independientes de Estructuras ACIES. Recuperado de:
[http://www.ciccp.es/biblio_virtual/LosasPostesadas\[1\].pdf](http://www.ciccp.es/biblio_virtual/LosasPostesadas[1].pdf)

Aguilar (2015) *Análisis y diseño de un edificio de 8 niveles empleando diferentes sistemas de piso: losas de concreto reforzado perimetralmente apoyadas y losas planas de concreto postensado*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/9616/Tesis.pdf?sequence=1>

ASTM (2006) *Torón de Acero de Siete Alambres Sin Recubrimiento para Concreto Preesforzado*. Designación: A 416/A416M-06

Aceros Arequipa (2010) *Manual del Maestro Constructor*. Primera Edición.

CCL (2013) *Contrato de Suministro e Instalación de Losas y vigas Postensadas*

CCL (2015) *Informe de levantamiento de losas y vigas postensadas*

CCL (2013) *Ficha técnica de Materiales*

CCL (2015) *Procedimiento de levantamiento de losas deflectadas*

De Jesús y Sánchez (2009). *Análisis y diseño de edificio habitacional a base de losas postensadas*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de:
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4577/ANALISISDISENO.pdf?sequence=1>

Guerra (2004) *Prefabricados de concreto en la industria de la construcción*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor, Instituto Tecnológico de la Construcción). Recuperado de:

http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Guerra_Hernandez_Elizabeth_44724.pdf

GYM (2012) Expediente Técnico de obra Panorama Plaza Negocios

Harmsen (2002) *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Perú: Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú

Hernández y Gil (2007) *Hormigón Armado y Pretensado – Concreto Reforzado y Preesforzado*. España: Editorial Gráficas Alhambra.

Instituto Nacional de Vías de Colombia INVIAS (2012) *Acero de Preesfuerzo*. Artículo 641-13.

Novas (2010) *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*. (Tesis para optar el título de Master en Ingeniería Civil, Universidad Politécnica de Madrid). Recuperado de: http://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf

Project Management Institute PMI (2013) *Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (Guía del PMBOK) Quinta Edición.

Reinoso, Rodríguez y Betancourt (2000) *Manual de Diseño de Estructuras Prefabricadas y Presforzadas*. México: Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación A.C. Recuperado de: <http://civilgeeks.com/2011/07/24/manual-de-diseno-de-estructuras-prefabricadas-y-presforzadas/>

Romero y Perez (2012) *Impacto positivo del control de calidad en obras de edificaciones de vivienda*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Recuperado de:
<http://docplayer.es/12621617-Facultad-de-ingenieria-carrera-de-ingenieria-civil-impacto-positivo-del-control-de-calidad-en-obras-de-edificaciones-de-vivienda.html>

Vidal (2014) *Retroalimentación de proyectos de edificación de vivienda mediante la evaluación post ocupación*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5536/VIDA_L_ANGEL_PROYECTOS_EDIFICACION_VIVIENDA_EVALAUCION_POST_OCUPACION.pdf?sequence=1

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1: Encuesta a Ingenieros que participaron en edificaciones con losas postensadas

Anexo 2: Presupuesto detallado de losas Postensadas en la obra Panorama

Anexo 3: Procedimiento de Levantamiento de Losas Deflectadas

Anexo 4: Cronograma desglosado de estabilización de losas deflectadas

Anexo 5: Análisis de Costos unitarios de las reparaciones

Anexo 6: Matriz de consistencia metodológica.

ANEXO 1

ENCUESTA A INGENIEROS QUE PARTICIPARON EN EDIFICACIONES CON LOSAS POSTENSADAS

Edificio: Ubicación:

Año de Ejecución: Cargo:

Experiencia:.....

1. ¿Cómo fue su primera experiencia en obra con el sistema de vigas y losas postensadas?

1.1) Excelente 1.2) buena 1.3) regular 1.4) mala

2. ¿Cree usted que el personal responsable de producción debe tener preparación en tema de postensado previo a la ejecución de edificaciones con este sistema?

2.1) Si 2.2) No

3. ¿Cómo considera usted que se llevó acabo la obra con respecto al control de la calidad de la partida de losas y vigas postensadas?

3.1) Excelente 3.2) buena 3.3) regular 3.4) mala

4. ¿Considera usted que para la correcta instalación de postensado se debe trabajar de forma coordinada y respetando todos los procedimientos constructivos?

4.1) Si 4.2) No

5. ¿Los procedimientos del postensado eran de fácil alcance y todos en la obra tenían conocimiento de este tema?

5.1) Si 5.2) No

6. ¿Se logró cumplir con la fecha de entrega establecida de la obra?

6.1) Si 6.2) No

7. En caso la respuesta anterior sea negativa, ¿Aproximadamente de cuantas semanas fue el retraso?

7.1) 1 Semana 7.2) 2 Semanas 7.3) 3 Semanas 7.4)
3 semanas a más

8. ¿Piensa usted que un diagrama de flujo que detalla todos los procesos vinculados a la ejecución de losas y vigas postensadas y que sea de conocimiento de todos los trabajadores ayudaría en el cumplimiento del cronograma previsto?

8.1) Si 8.2) No

9. ¿Tiene conocimiento de qué es un protocolo de liberación, checklist u hoja de verificación para el control de calidad?

9.1) Si 9.2) No

10. ¿En su Proyecto se hizo uso de documentos de revisión y control para la liberación partida de losas y vigas postensadas?

10.1) Si 10.2) No

11. ¿Existieron problemas relacionados con cables cortos y/o tendones obstruidos durante la ejecución del postensadas?

11.1) Si 11.2) No

12. ¿Se incurrió en gastos adicionales debido a las subsanación de problemas presentados en las vigas y losas postensadas?

12.1) Si 12.2) No

13. ¿Considera usted que la propuesta de nuevos y mejores protocolos enfocado a evitar los problemas comunes que se presentan ayudaría a cumplir con el presupuesto planificado de losas y vigas postensadas?

13.1) Si 13.2) No

14. ¿Estaría de acuerdo que se agregarán los siguientes ítems a los Protocolos de liberación para mejorar el control de la partida de losas y vigas postensadas?

a) Los torones, anclajes y accesorios no presentan corrosión

b) Los torones tienen la longitud indicada en sus cartillas

- c) Los torones no presentan daño a lo largo de su estructura
- d) Se ha verificado el nivel de altura del encofrado y contraflechas
- e) Se ha verificado la modulación del encofrado (separación, capacidad, marca de los puntales, ubicación, etc.)
- f) Se ha realizado los puntos de referencia por parte de topografía en el Encofrado

Hecho por:

Fecha:.....

ANEXO 2

PRESUPUESTO DETALLADO DE LOSAS POSTENSADAS OBRA PANORAMA

A continuación se detalla el presupuesto de cada trabajo por nivel en el proyecto Panorama

ITEM	CONCEPTO	PRESUPUESTADO			
		UNIDAD	AREA	PRECIO UNITARIO (Nuevos Soles)	VALOR TOTAL (Nuevos Soles)
1.00	9NO SOTANO				
1.01	Suministro 80%	m2	6,846	43.02	294,507.26
1.03	Tensado 10%				
1.04	Inyección 10%				
1.05	Instalación 100%	m2	6,846	11.00	75,304.04
2.00	8VO SOTANO				
2.01	Suministro 80%	m2	6,846	43.02	294,507.26
2.03	Tensado 10%				
2.04	Inyección 10%				
2.05	Instalación 100%	m2	6,846	11.00	75,304.04
3.00	7MO SOTANO				
3.01	Suministro 80%	m2	6,846	43.02	294,507.26
3.03	Tensado 10%				
3.04	Inyección 10%				
3.05	Instalación 100%	m2	6,846	11.00	75,304.04
4.00	6TO SOTANO				
4.01	Suministro 80%	m2	6,846	43.02	294,507.26
4.03	Tensado 10%				
4.04	Inyección 10%				
4.05	Instalación 100%	m2	6,846	11.00	75,304.04
5.00	5TO SOTANO				
5.01	Suministro 80%	m2	6,846	43.02	294,507.26
5.03	Tensado 10%				
5.04	Inyección 10%				
5.05	Instalación 100%	m2	6,846	11.00	75,304.04
6.00	4TO SOTANO				
6.01	Suministro 80%	m2	6,846	43.58	298,333.80
6.03	Tensado 10%				

6.04	Inyección 10%				
6.05	Instalación 100%	m2	6,846	11.00	75,302.25
7.00	3ER SOTANO				
7.01	Suministro 80%	m2	6,830	46.37	316,710.90
7.03	Tensado 10%				
7.04	Inyección 10%				
7.05	Instalación 100%	m2	6,830	11.50	78,545.94
8.00	2DO SOTANO				
8.01	Suministro 80%	m2	6,577	49.16	323,347.22
8.03	Tensado 10%				
8.04	Inyección 10%				
8.05	Instalación 100%	m2	6,577	11.50	75,640.62
9.00	1ER SOTANO				
9.01	Suministro 80%	m2	6,386	68.72	438,835.27
9.03	Tensado 10%				
9.04	Inyección 10%				
9.05	Instalación 100%	m2	6,386	13.00	83,015.98
10.00	1ER PISO				
10.01	Suministro 80%	m2	3,740	37.43	139,993.30
10.03	Tensado 10%				
10.04	Inyección 10%				
10.05	Instalación 100%	m2	3,740	11.00	41,141.50
11.00	2DO PISO				
11.01	Suministro 80%	m2	3,797	39.11	148,494.19
11.03	Tensado 10%				
11.04	Inyección 10%				
11.05	Instalación 100%	m2	3,797	11.00	41,765.18
12.00	3ER PISO				
12.01	Suministro 80%	m2	3,457.32	36.31	125,535.34
12.03	Tensado 10%				
12.04	Inyección 10%				
12.05	Instalación 100%	m2	3,457.32	11.00	38,030.54
13.00	4TO PISO				
13.01	Suministro 80%	m2	3,457.32	36.31	125,535.34

13.03	Tensado 10%				
13.04	Inyección 10%				
13.05	Instalación 100%	m2	3,457.32	11.00	38,030.54
14.00	5TO PISO				
14.01	Suministro 80%				
14.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
14.04	Inyección 10%				
14.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
15.00	6TO PISO				
15.01	Suministro 80%				
15.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
15.04	Inyección 10%				
15.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
16.00	7MO PISO				
16.01	Suministro 80%				
16.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
16.04	Inyección 10%				
16.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
17.00	8VO PISO				
17.01	Suministro 80%				
17.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
17.04	Inyección 10%				
17.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
18.00	9NO PISO				
18.01	Suministro 80%				
18.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
18.04	Inyección 10%				
18.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
19.00	10MO PISO				
19.01	Suministro 80%				
19.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
19.04	Inyección 10%				
19.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
20.00	11ER PISO				

20.01	Suministro 80%				
20.03	Tensado 10%	m2	3,208.07	33.52	107,534.53
20.04	Inyección 10%				
20.05	Instalación 100%	m2	3,208.07	11.00	35,288.78
21.00	12DO PISO				
21.01	Suministro 80%				
21.03	Tensado 10%	m2	2,418.78	35.76	86,495.51
21.04	Inyección 10%				
21.05	Instalación 100%	m2	2,418.78	11.00	26,606.56
22.00	13ER PISO				
22.01	Suministro 80%				
22.03	Tensado 10%	m2	2,418.78	35.76	86,495.51
22.04	Inyección 10%				
22.05	Instalación 100%	m2	2,418.78	11.00	26,606.56
23.00	14TO PISO				
23.01	Suministro 80%				
23.03	Tensado 10%	m2	2,418.78	35.76	86,495.51
23.04	Inyección 10%				
23.05	Instalación 100%	m2	2,418.78	11.00	26,606.56
24.00	15TO PISO				
24.01	Suministro 80%				
24.03	Tensado 10%	m2	2,418.78	35.76	86,495.51
24.04	Inyección 10%				
24.05	Instalación 100%	m2	2,418.78	11.00	26,606.56
25.00	16TO PISO				
25.01	Suministro 80%				
25.03	Tensado 10%	m2	3,208.08	50.28	161,302.06
25.04	Inyección 10%				
25.05	Instalación 100%	m2	3,208.08	12.00	38,496.91
26.00	17MO PISO				
26.01	Suministro 80%				
26.03	Tensado 10%	m2	3,208.08	50.28	161,302.06
26.04	Inyección 10%				
26.05	Instalación 100%	m2	3,208.08	12.00	38,496.91

27.00	18VO PISO				
27.01	Suministro 80%	m2	3,208.08	50.28	161,302.06
27.03	Tensado 10%				
27.04	Inyección 10%				
27.05	Instalación 100%	m2	3,208.08	12.00	38,496.91
28.00	19NO PISO				
28.01	Suministro 80%	m2	3,018.96	72.63	219,266.91
28.03	Tensado 10%				
28.04	Inyección 10%				
28.05	Instalación 100%	m2	3,018.96	13.50	40,755.93

ANEXO 3

PROCEDIMIENTO DE LEVANTAMIENTO DE LOSAS DEFLECTADAS

Introducción

La obra Panorama Plaza Negocios consiste en un edificio comercial de 9 sótanos y 19 pisos postensados. La obra está ejecutada con un sistema estructural de losas y vigas.

Los sótanos han sido diseñados para resistir una carga general de 250Kg/cm². Sin embargo durante la etapa de construcción se produjeron deflexiones elevadas en los sótanos inferiores en las zonas ubicadas entre los ejes 19 y 20.

El presente reporte tiene como fin describir los trabajos de levantamiento de losas, estas labores se llevaran a cabo desde el Techo del Sótano 4 hasta el Techo del Sótano 9. Asimismo, se está asumiendo que las fisuras no han cambiado desde la inspección realizada por parte del especialista en Sistema postensado y las deflexiones no han cambiado desde el último levantamiento de losas realizadas por parte del contratista principal.

Estado Actual de las Losas

El contratista principal y el especialista en postensado han realizado los trabajos de inspección de las losas, las principales Observaciones encontradas son:

- Todos los anclajes del sistema postensado no muestran indicios de tener daño ni Falla alguna.
- El Techo del Sótano 9 presenta fisuras con espesores entre 0.4mm y 0.8mm.

Verificación del Estado de los Sótanos

En primer lugar, se verificará y reforzará el estado de todos los puntales existentes y las zapatas de los puntales apoyados sobre terreno. Se debe asegurar que estos puntales puedan soportar las cargas por cada nivel.

Toda el área entre el eje de columnas 19 y el eje 20 (muro pantalla) debe estar apuntalada (ver Figura 1).

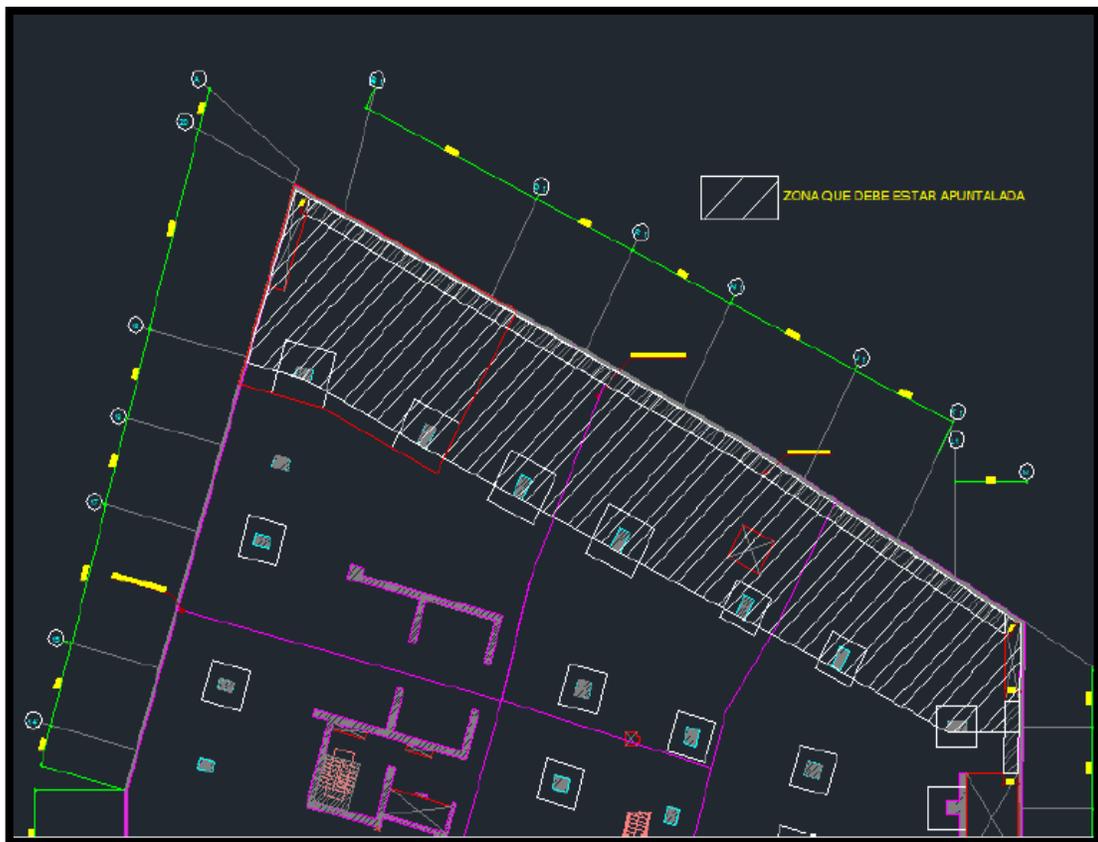


Figura 1: Área que Debe Permanecer Apuntalada

El especialista de encofrado deberá especificar la cantidad, tipo, espaciamiento y distribución de los puntales.

Inyección del Grout

Se procederá a inyectar el grout junto con el aditivo Sika Intraplast PE (una bolsa de aditivo por bolsa de cemento) en los siguientes niveles:

- Techo Sótano 4: A ser inyectado
- Techo Sótano 5: A ser inyectado
- Techo Sótano 6: A ser inyectado
- Techo Sótano 7: A ser inyectado
- Techo Sótano 8: A ser inyectado
- Techo Sótano 9: A ser inyectado

Este proceso necesita 21 días para asegurar la adherencia adecuada entre los cables y el ducto postensado antes de empezar los trabajos de gateo.

Instalación del Equipo de Gateo

Una vez asegurada la capacidad y la rigidez de los puntales, se instalan los equipos de gateo según el esquema indicado. El sistema de gateo incluye una bomba hidráulica con sus implementos, 6 gatas hidráulicas, líneas de conexión que van desde la bomba hacia las gatas, vigas de madera o aluminio, puntales conectados a las gatas y puntales intermedios.

Asimismo, el sistema de gatas con sus respectivos puntales se instalará de acuerdo a la Figura 2 (a) y Figura 2 (b)

Se utilizarán 2 vigas de encofrado para evitar que la fuerza de la gata dañe a la estructura, estas vigas deben de diseñarse para soportar cargas señaladas en la Figura 3.

Todas las zonas debajo de la ubicación de las gatas y vigas de encofrado tendrán puntales de viga hasta el último nivel y deberán de soportar una carga de 45 ton (ver Figura 4).

Los esquemas mostrados deberán de ser conversados, diseñados y finalizados por el especialista de encofrado según los recursos disponibles.

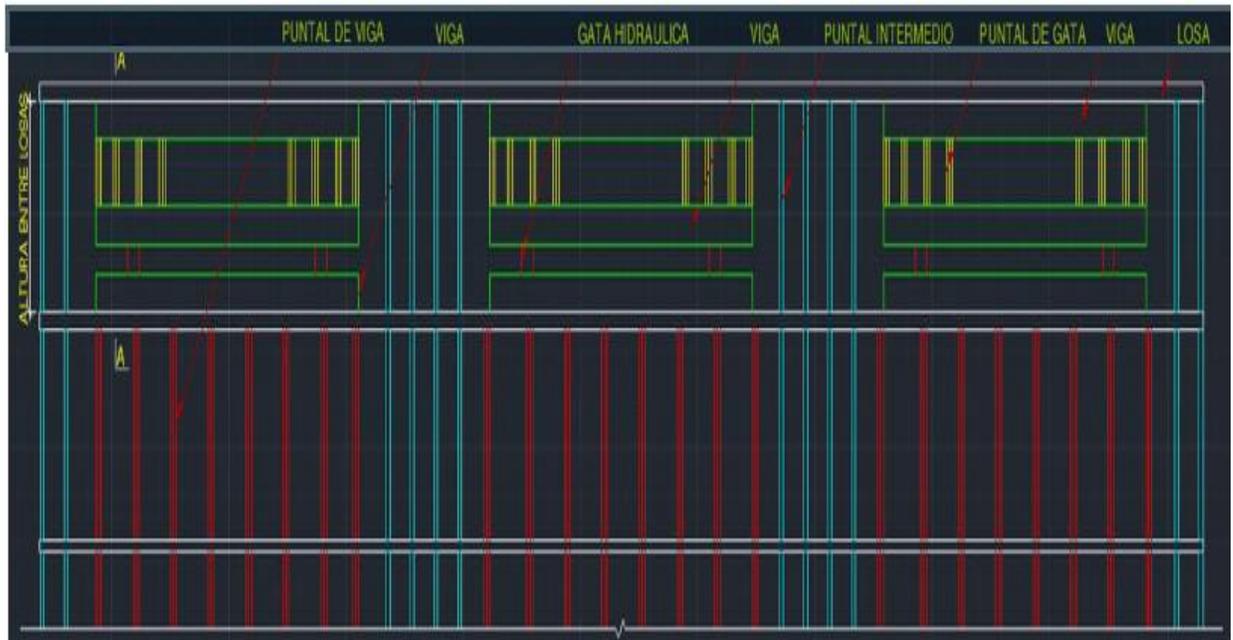


Figura 2 (a): Esquema de Gatas y Puntales – Vista de Perfil

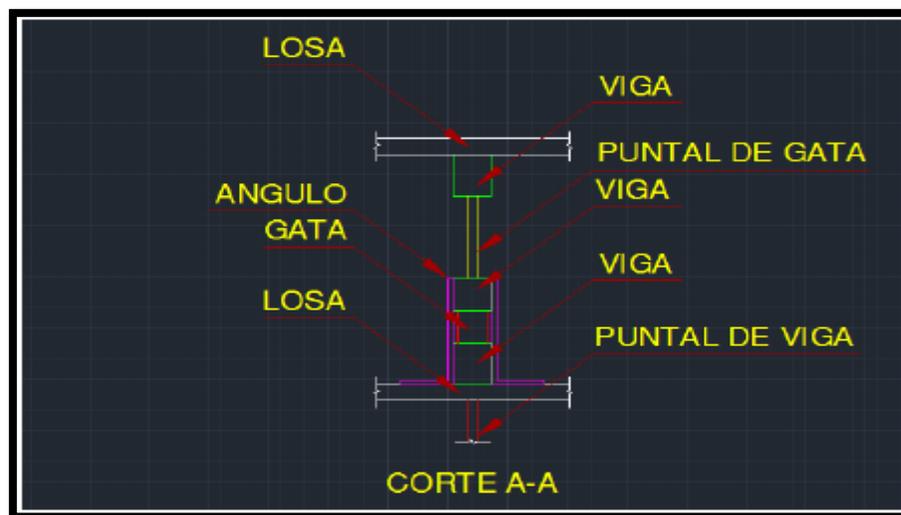
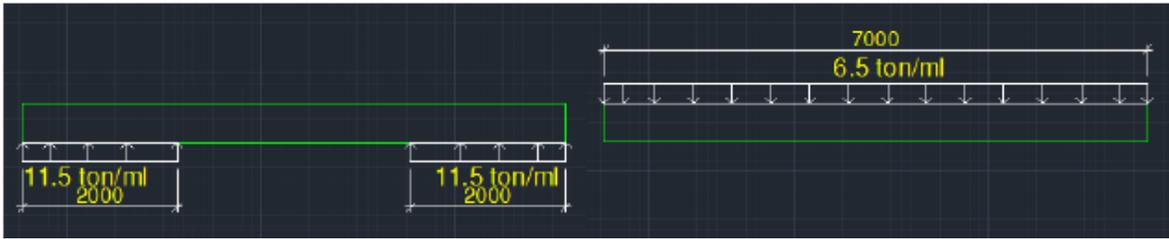
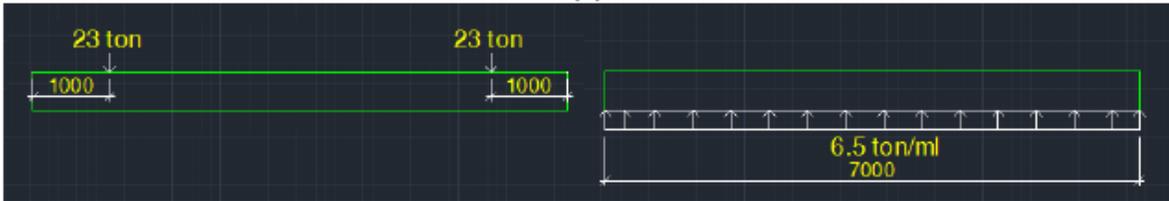


Figura 2 (b): Esquema de Gatas y Puntales – Arriostre Lateral - Corte A-A



a)



b)

Figura 3: (a) Cargas de la Viga de Encofrado Superior (b) Cargas de la Viga de Encofrado Inferior



Figura 4: Capacidad Requerida de los Puntales Ubicados bajo las Gatas

Además, se empleara una viga intermedia (entre la gata y la viga superior), la cual servirá de soporte a los puntales de gata que ayudaran a levantar la losa. Los puntales para el gateo deben de tener una capacidad de 23 ton y las vigas intermedias deberán de soportar las cargas de las Figuras 5 y 6.

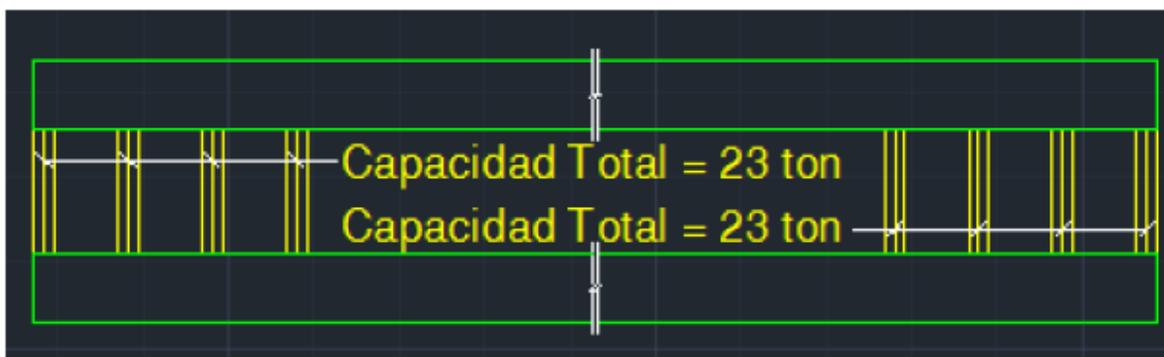


Figura 5: Capacidad Requerida de los Puntales de Gata



Figura 6: Cargas de Viga Intermedia

Ejecución del Gateo de Losas

Cuando el grout se haya endurecido y la torre grúa desconectada, se ejecutara el gateo de las losas. El gateo de losa empezara por el Techo del Sótano 4 y luego se seguirá con la losa inferior y así sucesivamente. Para comenzar los trabajos de reparación, la losa superior debe de estar completamente desapuntalada.

Se propone hacer el trabajo de cada losa en 2 sectores y en 2 etapas (Ver figura 7). El primer sector comprende a la zona ubicada a 0.5m de la banda de vaciado, mientras que el segundo sector se encuentra en el centro del tramo, entre el eje 19 y la banda de vaciado. La Etapa 1 es el estado en el cual el sistema de ganeo se encuentra a la izquierda, mientras que en la Etapa 2 el sistema de ganeo se encuentra a la derecha.

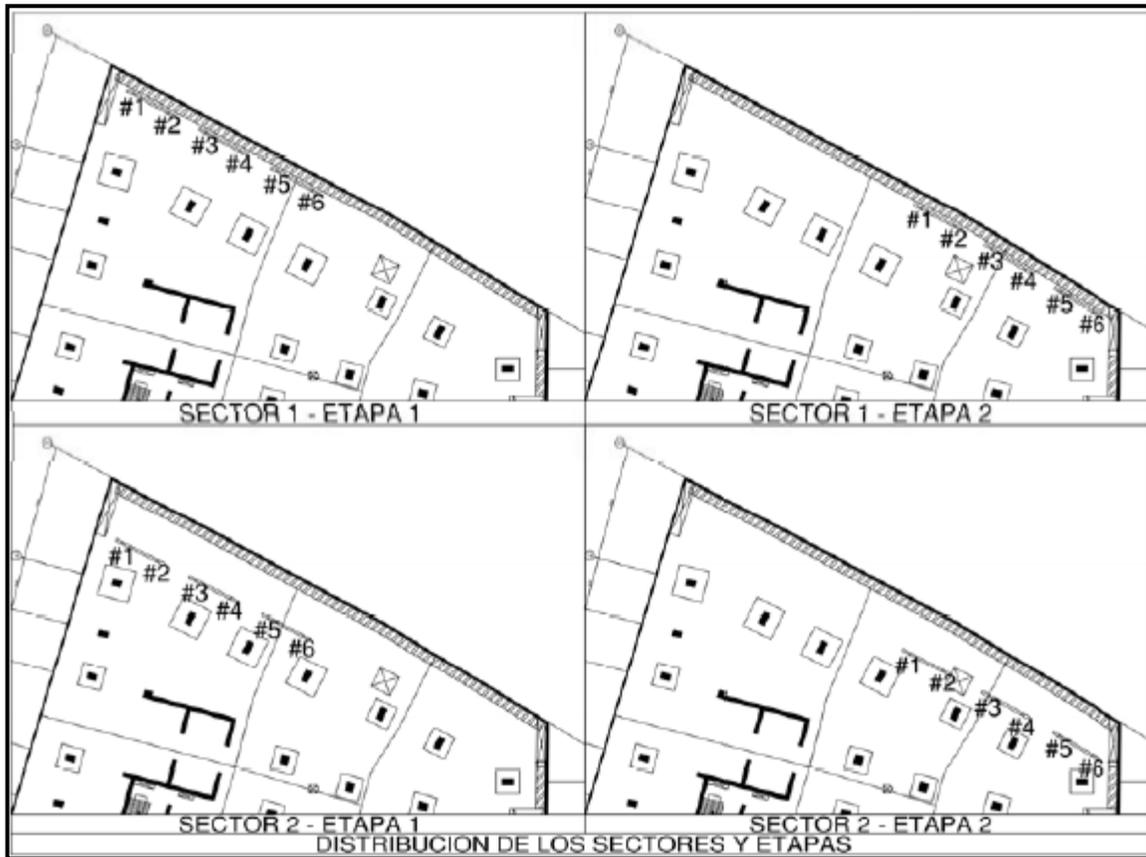


Figura 7: Etapas para el ganeo de Losas

Se espera que solo sea necesario ejecutar el levantamiento del Sector 1 para alcanzar los niveles requeridos. En caso de que algún punto intermedio de la losa tenga una deflexión residual después de haber realizado el ganeo del Sector 1, se procederá con el ganeo del Sector 2.

Por otro lado, se estima entre 2 a 3 días de trabajo para las losas superiores (con poca deformación) y hasta 10 días para las losas inferiores (con mayor deformación). La losa podrá ser levantada 2.5cm en la mañana y 2.5cm en la tarde, dando un máximo de 5cm por día.

Los trabajos de levantamiento se ejecutan según la metodología de trabajo y los esquemas de instalación del sistema.

Al mismo tiempo que los trabajos de gateo se hará el monitoreo de los desplazamientos de la losa en tiempo real para controlar el levantamiento. Y se inspeccionaran las losas por la aparición de fisuras en el concreto y daños a los anclajes postensados después del levantamiento de cada etapa.

Cuando las gatas hayan logrado elevar la losa se cerraran las gatas y se ordenaran los puntales y el encofrado existente. Luego, se colocaran puntales adicionales para prevenir deflexiones luego de remover las gatas.

Vaciado de Banda y Des-Apuntalamiento

Cuando topografía confirme que se alcanzó el nivel indicado por el proyectista y los resultados de la inspección sean satisfactorios, se realizara el encofrado y el vaciado de la banda con concreto de resistencia de 350 Kg/cm².

Cuando el concreto de la banda haya alcanzado la resistencia requerida, se procederá el des-apuntalamiento y desencofrado total de la losa. Asimismo, se realizaran verificaciones cada 7 días para monitorear las deflexiones e inspeccionar la losa.

Prueba de Carga

Al finalizar completamente los trabajos de gateo y vaciado de bandas y cuando los resultados de las inspecciones de todos los niveles sean satisfactorios, se

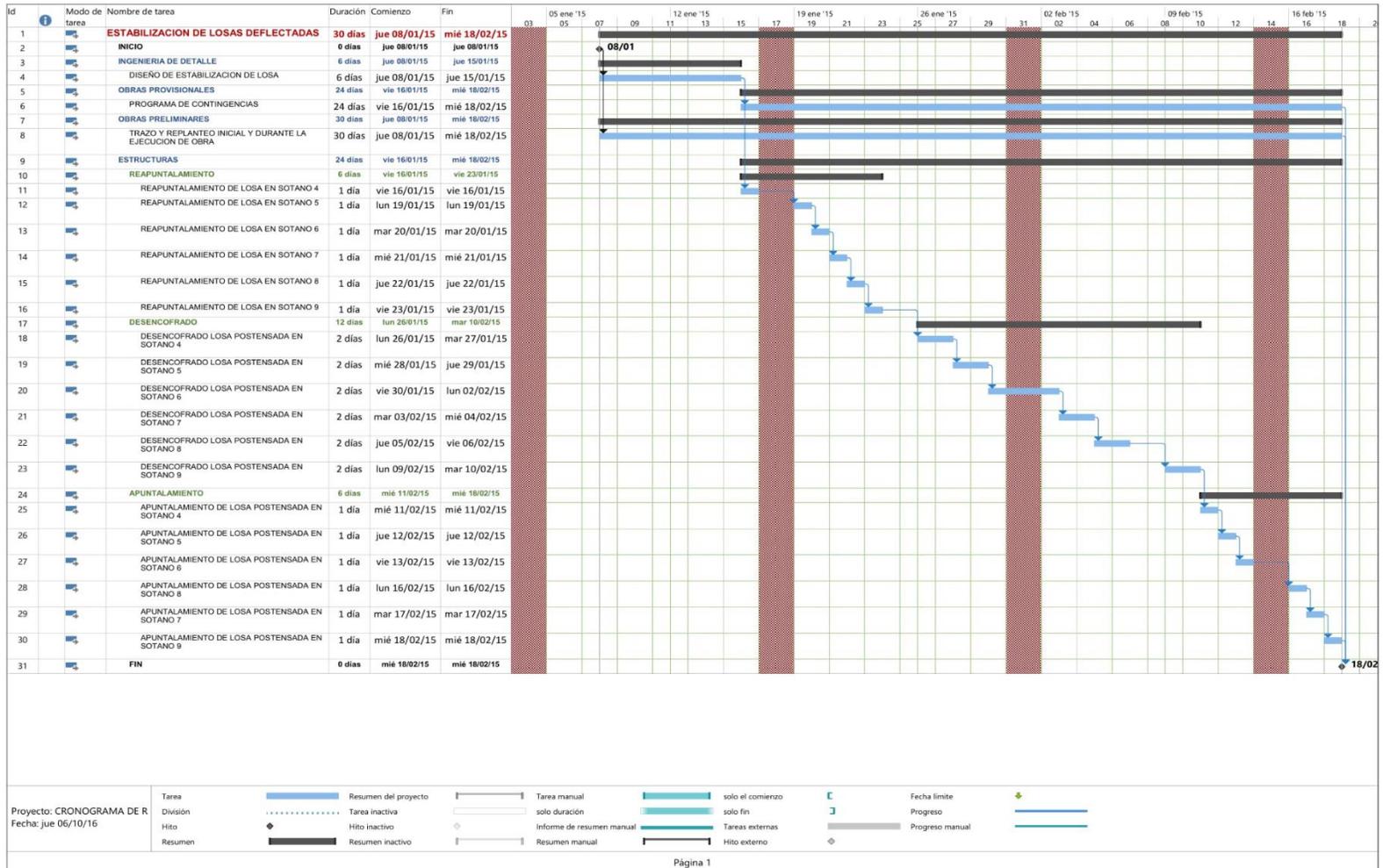
procederá con realizar una prueba de carga para el Techo del Sótano 9 según la metodología de trabajo indicada.

Conclusión

La información presentada trata acerca de los trabajos de levantamiento de losas postensadas del Techo del Sótano 4 al Techo del Sótano 9. Sin embargo, las deflexiones en los techos de los sótanos 7, 8 y 9 son altas, por lo que no se garantiza que el levantamiento de losas y el vaciado de bandas aseguren la integridad estructural en estas zonas. Es importante verificar y en caso sea necesario hacer trabajos de reforzamiento.

ANEXO 4

CRONOGRAMA DESGLOSADO DE ESTABILIZACIÓN DE LOSAS DEFLECTADAS



Fuente Propia

ANEXO 5

ACUS DE ESTABILIZACION Y REPARACIÓN DE FISURAS EN LOSAS POSTENSADAS

Página : 1

S19

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	Subpresupuesto	Partida	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
1101003	001	01.01	REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS EN PROYECTO PANORAMA PLAZA NEGOCIOS. ESTABILIZACION Y REPARACIÓN DE FISURAS EN LOSAS POSTENSADAS DISEÑO DE ESTABILIZACION DE LOSA (GABINETE)					
							Fecha presupuesto	25/09/2016
Rendimiento	glb/DIA			EQ.			Costo unitario directo por : glb	10,500.00
Código	Descripción Recurso		Subcontratos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
04000600010005	SC DE INGENIERIA PARA ENCOFRADO EN LA ESTABILIZACION DE LOSAS			glb		1.0000	10,500.00	10,500.00 10,500.00
Partida	02.01	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS						
Rendimiento	glb/DIA			EQ.			Costo unitario directo por : glb	2,000.00
Código	Descripción Recurso		Materiales	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0291030001	PROGRAMA DE CONTINGENCIA			glb		1.0000	2,000.00	2,000.00 2,000.00
Partida	03.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION DE OBRA						
Rendimiento	mes/DIA			EQ.			Costo unitario directo por : mes	5,500.00
Código	Descripción Recurso		Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
01010300000004	PERSONAL DE TOPOGRAFIA			mes		1.0000	2,500.00	2,500.00 2,500.00
0301000012	EQUIPO TOGRAFICO		Equipos	mes		1.0000	3,000.00	3,000.00 3,000.00
Partida	04.01.01	REAPUNTAMIENTO DE LOSA EN SOTANO 4, 5 y 6						
Rendimiento	m2/DIA	300.0000		EQ. 300.0000			Costo unitario directo por : m2	1.40
Código	Descripción Recurso		Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010003	OPERARIO			hh	1.0000	0.0267	20.10	0.54
0101010005	PEON			hh	2.0000	0.0533	14.83	0.79
			Equipos					1.33
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	1.33	0.07
								0.07
Partida	04.01.02	REAPUNTAMIENTO DE LOSA EN SOTANO 7, 8 y 9						
Rendimiento	m2/DIA	300.0000		EQ. 300.0000			Costo unitario directo por : m2	1.40
Código	Descripción Recurso		Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010003	OPERARIO			hh	1.0000	0.0267	20.10	0.54
0101010005	PEON			hh	2.0000	0.0533	14.83	0.79
			Equipos					1.33
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	1.33	0.07
								0.07
Partida	04.02.01	DESENCOFRADO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 4, 5 Y 6						
Rendimiento	m2/DIA	200.0000		EQ. 200.0000			Costo unitario directo por : m2	1.31
Código	Descripción Recurso		Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010004	OFICIAL			hh	1.0000	0.0400	16.50	0.66
0101010005	PEON			hh	1.0000	0.0400	14.83	0.59
			Equipos					1.25
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	1.25	0.06
								0.06

Partida	DESECOFRADO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 7, 8 Y 9						
Rendimiento	m2/DIA	200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m2		1.31	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0400	16.50	0.66
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0400	14.83	0.59
							1.25
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	1.25	0.06
							0.06
Partida	APUNTALAMIENTO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 4, 5 Y 6						
Rendimiento	m2/DIA	150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m2		22.45	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0533	20.10	1.07
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0533	14.83	0.79
							1.86
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	1.86	0.09
							0.09
0400080003	SC. DE PUNTALES METALICOS	Subcontratos	m2		1.0000	20.50	20.50
							20.50
Partida	APUNTALAMIENTO DE LOSA POSTENSADA EN SOTANO 7, 8 Y 9						
Rendimiento	m2/DIA	150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m2		22.45	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0533	20.10	1.07
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0533	14.83	0.79
							1.86
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	1.86	0.09
							0.09
0400080003	SC. DE PUNTALES METALICOS	Subcontratos	m2		1.0000	20.50	20.50
							20.50
Partida	SELLADO DE FISURAS EN LOSA POSTENSADA SOTANOS 4, 5 Y 6.						
Rendimiento	glb/DIA		EQ.	Costo unitario directo por : glb		11,407.53	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010007	OPERARIO		día		9.0000	160.79	1,447.11
0101030003	AYUDANTE		día		9.0000	118.72	1,068.48
							2,515.59
0201050006	SIKADUR 52	Materiales	kg		12.0000	75.68	908.16
0276020025	DISCO DE CORTE		und		2.0000	400.00	800.00
							1,708.16
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	2,515.59	125.78
0301110002	CORTADORA DE CONCRETO		glb		2.0000	329.00	658.00
0301110003	SOPLADORA DE AIRE 600W		und		2.0000	3,200.00	6,400.00
							7,183.78
Partida	SELLADO DE FISURAS EN LOSA POSTENSADA SOTANOS 7, 8 Y 9						
Rendimiento	glb/DIA		EQ.	Costo unitario directo por : glb		11,407.53	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$f.	Parcial \$f.
0101010007	OPERARIO		día		9.0000	160.79	1,447.11
0101030003	AYUDANTE		día		9.0000	118.72	1,068.48
							2,515.59
0201050006	SIKADUR 52	Materiales	kg		12.0000	75.68	908.16
0276020025	DISCO DE CORTE		und		2.0000	400.00	800.00
							1,708.16
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	Equipos	%mo		5.0000	2,515.59	125.78
0301110002	CORTADORA DE CONCRETO		glb		2.0000	329.00	658.00
0301110003	SOPLADORA DE AIRE 600W		und		2.0000	3,200.00	6,400.00
							7,183.78
						Fecha :	02/10/2016

Fuente: Propia

ACUS DE GATEO DE LOSAS POSTENSADAS

Página : 1

S10

Análisis de precios unitarios

Presupuesto ✔ 1101003 REPARACION DE LOSAS POSTENSADAS EN PROYECTO PANORAMA PLAZA NEGOCIOS.
 Subpresupuesto ✔ 002 GATEO DE LOSAS POSTENSADAS Fecha presupuesto 25/09/2016

Partida	01.01.01	DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO DE GATEO DE LOSAS POSTENSADAS				
Rendimiento	glb/DIA	EQ.	Costo unitario directo por : glb		58,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Subcontratos					
✔ 04000700010011	SC DISEÑO DE INGENIERIA	glb		1.0000	58,000.00	58,000.00
						58,000.00
Partida	01.01.02	GATEO DE LOSAS POSTENSADAS				
Rendimiento	glb/DIA	EQ.	Costo unitario directo por : glb		180,000.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Subcontratos					
✔ 0425020012	SC LEVANTAMIENTO DE LOSAS POSTENSADAS	glb		1.0000	180,000.00	180,000.00
						180,000.00
Fecha :					29/09/2016	

Fuente: Propia

ANEXO 6

MATRIZ DE CONSISTENCIA METODOLOGICA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA	TIPO Y DISEÑO
PROBLEMA GENERAL: Se cree que la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas influye en su eficacia técnico-económica .	OBJETIVO GENERAL: Proponer la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas para asegurar su eficacia técnico-económica mediante sistemas de control.	HIPOTESIS GENERAL: Proponiendo la implementación de herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas se asegura su eficacia técnico-económica .	VI: Herramientas básicas de calidad en vigas y losas postensadas adheridas VD: Eficacia técnico-económica	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información en investigaciones similares • Realización de cuestionarios • Revisión y análisis de la información obtenida, • Realizar el cronograma y el presupuesto para vigas y losas postensadas y compararlos con los previstos. Propuesta de herramientas. • Formulación de la discusión, conclusiones y recomendaciones 	La investigación es de enfoque cualitativo – cuantitativo y el tipo de investigación será descriptivo con diseño no experimental y subdivisión transversal.
PROBLEMA SECUNDARIO 1: Se piensa que la debida aplicación de un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas influye en el cronograma previsto .	OBJETIVO ESPECIFICO 1: Proponer un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas para asegurar el cumplimiento del cronograma previsto .	HIPOTESIS SECUNDARIA 1: Proponiendo un diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas se asegura el cumplimiento del cronograma previsto .	VI: Diagrama de flujo vinculado a la ejecución de vigas y losas postensadas adheridas VD: Cronograma previsto		
PROBLEMA SECUNDARIO 2: Se piensa que el contenido de los protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas influye en el cumplimiento del presupuesto planificado .	OBJETIVO ESPECIFICO 2: Proponer nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas para asegurar el cumplimiento de su presupuesto planificado	HIPOTESIS SECUNDARIA 2: La propuesta de nuevos protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas aseguran el cumplimiento de su presupuesto planificado .	VI: Protocolos de liberación de vigas y losas postensadas adheridas VD: Presupuesto planificado		

Fuente Propia

