

Práctica empresarial como auxiliar de Ingeniería Civil en el área de supervisión técnica en los proyectos de construcción supervisados por la empresa INGENIERÍA SUPERVISIÓN

TÉCNICA E INTERVENTORÍA S.A.S

Fabián Mauricio Gamboa Bohórquez

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Vladimir E. Merchán Jaimes

PhD, Ingeniero Civil.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedicado a mi madre, por todo el apoyo que me brindó durante este proceso y por estar en los momentos más difíciles; a mis abuelos por brindarme compañía y darme la serenidad y entendimiento; a mi hermano y a mis tíos por alentarme a cumplir mis objetivos y a superarme cada día más.

Agradecimientos

A mi gran amigo Alejandro, quien me acompañó durante toda la carrera en los mejores y peores momentos y estuvo alentándome para poder culminar con éxito.

Un especial agradecimiento al ingeniero Tomás, por darme la oportunidad de vivir la experiencia y poner en práctica los conocimientos aprendidos en la academia antes de graduarme.

Al ingeniero Vladimir Merchán, director de práctica, por las enseñanzas a lo largo de la carrera y acompañamiento en el proceso.

A los ingenieros Andrés Picón, Angie Marín y Duván Vaca, por aportar a la experiencia de la práctica conocimiento y enseñanzas que usaré en mi vida laboral y personal.

A la Universidad Industrial de Santander por ser mi segundo hogar durante años y ser el pilar de lo que soy ahora como persona y como profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	12
1. Objetivos	13
1.1 Objetivo General	13
1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. Marco Referencial.....	14
2.1 Marco Conceptual	14
2.1.1 Supervisión técnica	14
2.1.2 Sistemas postensados en edificaciones	14
2.2 Marco Teórico.....	15
2.2.1 Supervisor técnico.....	15
2.2.2 Diseño estructural	15
2.2.3 Plano estructural.....	15
2.2.4 Ensayos de resistencia al concreto	15
2.2.5 Curado del concreto	15
2.2.6 Construcción	16
2.2.7 Control de planos	16
2.2.8 Control de especificaciones	16
2.2.9 Control de materiales	16
2.2.10 Control de ejecución	16
2.2.11 Teoría y proceso instalación de sistemas postensados en edificaciones.....	16

2.3 Marco Legal	18
2.3.1 INSUT S.A.S	18
2.3.2 Misión	18
2.3.3 Visión.....	19
2.3.4 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).....	19
3. Desarrollo de la práctica	20
3.1 Apoyar en las actividades de supervisión técnica en los proyectos supervisados por INSUT S.A.S	20
3.1.1 Descripción del proyecto	20
3.1.2 Revisión de planos estructurales	22
3.1.3 Revisión de elementos verticales	24
3.1.4 Revisión armado de vigas	25
3.1.5 Revisión armado de placa y limpieza	27
3.1.6 Procedimientos del concreto	28
3.1.7 Revisión del postensado.....	29
3.2 Asistir en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de planos mediante software especializado para los proyectos diseñados por la empresa INSUT SA.S.	31
3.3 Proponer una guía para la supervisión técnica de proyectos que involucren sistemas postensados en edificaciones	34
3.3.1 Introducción, objetivo y conceptos fundamentales.....	35
3.3.2 Inspección de equipos de postensado y verificación de los materiales	37
3.3.3 Procedimientos de Supervisión Técnica	37

4. Conclusiones	43
Referencias Bibliográficas	44

Lista de Figuras

	Pág.
Ilustración 1. Principio de preesfuerzo.	17
Ilustración 2. Proyecto "TERRA"	21
Ilustración 3. Planta estructural proyecto TERRA.	21
Ilustración 4. Ejemplo plano estructural despiece de vigas.	23
Ilustración 5. <i>Ejemplo armado elemento vertical.</i>	24
Ilustración 6. Ejemplo detalle estructural despiece vigas	25
Ilustración 7. Ejemplo armado elementos tipo viga.....	26
Ilustración 8. Ejemplo armado de placa.....	27
Ilustración 9. Ensayo de Slump (Asentamiento).....	28
Ilustración 10. Vaciado de concreto en nudos	29
Ilustración 11. Instalación sistema postensado	30
Ilustración 12. Cantidades de obra resumidas en hoja de cálculo.....	31
Ilustración 13. Cantidades de obra automatizadas en software especializado.....	32
Ilustración 14. Detalle estructural despiece tanque.....	32
Ilustración 15. Detalle anclaje software especializado de modelado.....	33
Ilustración 16. Portada y tabla de contenido guía de supervisión técnica.	34
Ilustración 17. Introducción, normativa y responsabilidades	36
Ilustración 18. pto. fundamentales y definición de equipos y materiales.....	36
Ilustración 19. Detalle anclaje estructural sistema postensado Fuente: DIP SAS	37
Ilustración 20. Recomendaciones durante la instalación.	38
Ilustración 21. Ejemplo montaje de referencia.	39

Ilustración 22. Recomendaciones durante vaciado de concret	40
Ilustración 23. Ejemplo limpieza anclajes después del vaciado.	40
Ilustración 24. Recomendaciones durante tensionamiento, elongación y terminado de cables.....	41
Ilustración 25. Proceso elongación.	42

Lista de apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS
POSTENSADOS EN EDIFICACIONES.

Resumen

Título: Práctica empresarial como auxiliar de Ingeniería Civil en el área de supervisión técnica en los proyectos de construcción supervisados por la empresa INGENIERÍA SUPERVISIÓN TÉCNICA E INTERVENTORÍA SAS*

Autor: Fabián Mauricio Gamboa Bohórquez**

Palabras Clave: Supervisión técnica, Construcción, Sistemas postensados, Planos estructurales.

Descripción: En Colombia, la construcción de obras civiles tiene un papel muy importante en el ámbito económico y social; la ejecución de proyectos debe estar respaldada por normas de diseño que garanticen la seguridad e integridad física de las personas que hagan uso de estas. La supervisión técnica es la base para respaldar el cumplimiento de todos los parámetros técnicos y normativos de una obra civil, por ello, en la última década Colombia ha trabajado en el fortalecimiento y la presencia de la supervisión técnica en obras de construcción. El presente documento tiene como finalidad presentar las actividades realizadas como auxiliar de ingeniería en la empresa INSUT S.A.S. correspondientes al área de supervisión técnica; y en actividades como la elaboración de planos y cálculo de cantidades. También se presenta el aporte sugerido por la empresa INSUT S.A.S.; la realización de una propuesta para una guía enfocada en la supervisión técnica de proyectos que involucren sistemas postensados en edificaciones, que

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Vladimir Ernesto Merchán Jaimes PhD, Ingeniero Civil.

tenga como finalidad el entendimiento de aspectos básicos que pueda contribuir a la eficacia de las revisiones y a la solución de errores en los procesos constructivos de estos sistemas.

Abstract

Title: Internship as a Civil Engineering assistant in technical supervision in construction projects supervised by the company INGENIERÍA SUPERVISIÓN TÉCNICA E INTERNVENTORÍA SAS*

Author: Fabián Mauricio Gamboa Bohórquez**

Key Words: Technical supervision, Construction, Post-tensioning systems, Structural plans.

Description: In Colombia, the construction of civil work plays a significant role in the economic and social sphere; the execution of projects must be supported by design standard that ensure the safety and physical integrity of the people who use them. Technical supervision is the foundation for ensuring compliance with all technical and regulatory parameters of a civil work; therefore, in the last decade, Colombia has worked on strengthening and increasing the presence of technical supervision in construction projects. The purpose of this document is to present the activities carried out as an engineering assistant at the company INSUT S.A.S. in the field of technical supervision, as well as activities such as drafting plans and calculating quantities. It also presents the contribution suggested by INSUT S.A.S., which is the development of a guide focused on the technical supervision of projects involving post-tensioning systems in building. This guide aims to provide an understanding of basic aspects that can contribute to the

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Vladimir Ernesto Merchan Jaimes PhD, Civil Engineer

effectiveness of reviews and the resolution of errors in the construction processes of these systems.

Introducción

En Colombia, la construcción cumple un papel muy importante en la economía y desarrollo del país. Sin embargo, en las últimas décadas se evidenció una carencia en la supervisión de obras que garantice su construcción de acuerdo con todas las especificaciones técnicas. Por esta razón, Colombia ha trabajado en fortalecer la supervisión técnica en obras de construcción, implementando medidas como el control y cumplimiento de las capacitaciones al personal y formación de los profesionales siguiendo un marco legal vigente que establece y atribuye requisitos y responsabilidades de la supervisión técnica. (Torres, M. 2019)

La supervisión técnica tiene como función principal garantizar el cumplimiento de las especificaciones durante la ejecución de obras civiles de acuerdo con la Ley 400 de 1997 y la Norma Sismo Resistente; y comprende una de las actividades más importantes para avalar la seguridad de una estructura y garantizar que sea una estructura apta para su uso. (Campos, M. 2020)

INSUT S.A.S. es una empresa que dirige proyectos en el área de supervisión técnica en estructuras de concreto y que tengan en su diseño el uso de sistemas postensados ubicadas en el área metropolitana de Bucaramanga; cuenta con personal con capacitado y con experiencia para la realización de dichas actividades. El desarrollo de esta práctica busca el fortalecimiento y el afianzamiento del conocimiento adquirido en la academia y la puesta en práctica de este, asimismo, tiene como objetivo aportar con la propuesta de una guía técnica enfocada en la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones con el fin de sintetizar la

información más importante y garantizar una supervisión rápida y eficaz para profesionales y practicantes de la ingeniería civil.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Apoyar como auxiliar de ingeniería civil en el área de supervisión técnica los proyectos supervisados por la empresa INGENIERÍA SUPERVISIÓN TÉCNICA E INTERVENTORÍA S.A.S.

1.2 Objetivos Específicos

Apoyar en las actividades de supervisión técnica en los proyectos supervisados de la empresa INSUT S.A.S.

Asistir en el cálculo de cantidades de obra y elaboración de planos mediante software especializado para los proyectos diseñados por la empresa INSUT SA.S.

Proponer una guía para la supervisión técnica de proyectos que involucren sistemas postensados en edificaciones.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Conceptual

El título I de la NSR-10, contiene lo necesario para la realización de supervisión técnica en las obras de construcción para implementar el fortalecimiento en la capacitación y conocimiento de la norma (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.1.1 Supervisión técnica

Se entiende por Supervisión Técnica la verificación de la sujeción de la construcción de la estructura de la edificación a los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador estructural. Asimismo, que los elementos no estructurales se construyan siguiendo los planos, diseños y especificaciones, de acuerdo con el grado de desempeño sísmico requerido. (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.1.2 Sistemas postensados en edificaciones

Un sistema postensado es una técnica utilizada en la ingeniería estructural para reforzar elementos de hormigón armado, como vigas, losas y columnas. El sistema postensado se utiliza para aumentar la capacidad de carga y mejorar la resistencia a la flexión y al pandeo de los elementos estructurales, se utiliza ampliamente en puentes, edificios de gran altura, estructuras de estacionamientos, losas de piso y otras aplicaciones donde se requiere una mayor resistencia y capacidad de carga. (Post-Tensioning Manual, 2006)

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Supervisor técnico

El supervisor técnico es el profesional, ingeniero civil, arquitecto o constructor de ingeniería, bajo cuya responsabilidad se realiza la supervisión técnica. Parte de las labores de supervisión puede ser delegada por el supervisor en personal técnico auxiliar, el cual trabajará bajo su dirección y responsabilidad. La supervisión técnica puede ser realizada por el mismo profesional que realiza la interventoría. (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.2.2 Diseño estructural

Se refiere al proceso de crear y planificar la configuración de elementos estructurales de una construcción, como vigas, columnas, losas, cimentación, entre otros, con el objetivo de garantizar la resistencia, estabilidad y seguridad de la estructura. (Reboredo, A. 2021)

2.2.3 Plano estructural

Es un tipo de documento técnico utilizado en el diseño y la construcción de estructuras. Muestra la disposición y distribución de los elementos estructurales en planta, además, incluye información relevante sobre las dimensiones, detalles de longitudes, número de elementos, denominaciones de acero, entre otros. (Reboredo, A. 2021)

2.2.4 Ensayos de resistencia al concreto

Un ensayo de resistencia del concreto es una prueba de laboratorio que se realiza para determinar la capacidad del concreto de resistir cargas y tensiones, y evaluar su resistencia a la compresión.

2.2.5 Curado del concreto

Es el proceso mediante el cual se proporciona un ambiente controlado y condiciones adecuadas para que el concreto pueda hidratarse y endurecer de manera óptima.

2.2.6 Construcción

Se refiere al proceso de crear, erigir o fabricar una edificación o infraestructura. Los procesos constructivos deben estar regidos bajo los parámetros de la NSR-10 y supervisados por personal capacitado. (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.2.7 Control de planos

El control de planos consistirá, como mínimo, en constatar la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de una forma adecuada, con los planos del proyecto. (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.2.8 Control de especificaciones

La construcción de la estructura debe llevarse a cabo cumpliendo como mínimo, las especificaciones técnicas contenidas del reglamento para cada uno de los materiales estructurales. (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.2.9 Control de materiales

El supervisor técnico exigirá que la construcción de la estructura se realice utilizando materiales que cumplan con los requisitos generales y las normas técnicas de calidad establecidas por el reglamento para cada uno de los materiales estructurales. (Norma Sismo Resistente, 2010)

2.2.10 Control de ejecución

El supervisor técnico deberá inspeccionar y vigilar todo lo relacionado con la ejecución de la obra. En general, todo lo que conduzca a establecer que la obra se ha ejecutado de acuerdo con los planos y especificaciones. (Norma Sismo Resistente, 2010)

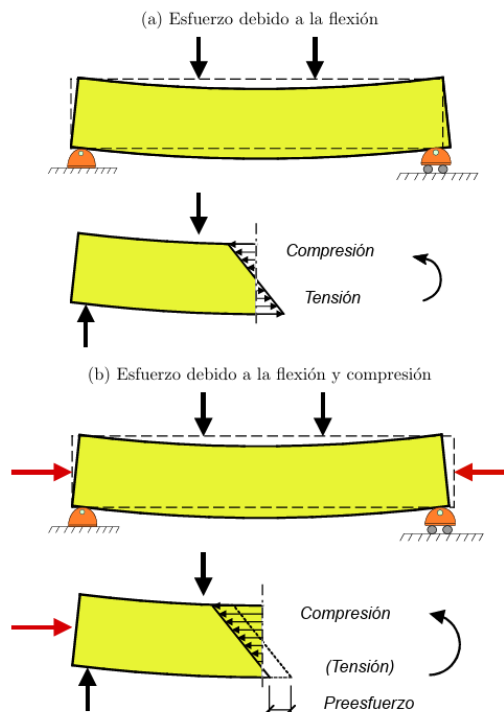
2.2.11 Teoría y proceso instalación de sistemas postensados en edificaciones

El hormigón es muy resistente a la compresión, pero relativamente débil a la tracción. Mientras que los tendones de postensado son inherentemente eficientes en soportar las fuerzas de

tracción. El uso combinado de concreto y sistemas postensados puede crear estructuras económicas y seguras. En la Ilustración 1 se puede observar el principio de preesfuerzo donde explica gráficamente el comportamiento del concreto combinado con un sistema de postensado. (Post-Tensioning Manual, 2006)

Ilustración 1.

Principio de preesfuerzo.



Nota: Tomado de Montes Raymundo, E., & Yalli Raymundo, J. C. (2021)

Se especifican los aspectos más destacables que conforman su ciclo constructivo:

- Materiales y operaciones: Almacenamiento de materiales en obra y operaciones referentes a las especificaciones de los elementos (torones y anclajes).

- **Instalación:** Lo que refiere a actividades de instalación de anclajes, tendones y otros elementos necesarios para cumplir con alturas especificadas en planos estructurales.
- **Hormigonado y curado:** Proceso de hormigonado cumpliendo con recomendaciones y curado.
- **Tensado:** Refiere a procesos de elongación cumpliendo con las especificaciones según el proyecto. (Post-Tensioning Manual, 2006)

2.3 Marco Legal

2.3.1 INSUT S.A.S

INGENIERÍA SUPERVISIÓN TÉCNICA E INTERVENTORÍA S.A.S es una empresa santandereana fundada en el año 2014 que opera en la ciudad de Bucaramanga, Santander, cuya finalidad es proporcionar soluciones eficientes en el ámbito de la ingeniería. Cuenta con experiencia en diseño estructural, construcción y sistemas postensados que respaldan la ejecución de proyectos.

INSUT S.A.S cuentan con un equipo capacitado en labores de ingeniería que se encarga del diseño, interventoría y supervisión de obras civiles siguiendo los parámetros y normativas vigentes en el territorio colombiano. Se han generado más de 840.000 m² de diseño estructural para edificaciones tipo túnel, sistemas aporticados, sistemas postensados, mampostería estructural y estructuras metálicas, 50.000 m² de edificación de estructuras industrializadas y tradicionales, 100.000 m² de pavimentos y de pisos industriales.

2.3.2 Misión

INSUT S.A.S proveerá servicios y soluciones integrales de ingeniería civil, relacionados con las áreas de diseño estructural, construcción, supervisión técnica e interventoría de obras de

infraestructura desarrolladas en sistemas de concreto reforzado y/o postensado. INSUT S.A.S ejecutará sus labores con responsabilidad y eficiencia, desarrollando con profesionalismo los proyectos de ingeniería civil de acuerdo con las normativas vigentes que rigen la construcción en el territorio colombiano para de esta garantizar la satisfacción de sus clientes.

2.3.3 Visión

En el 2025 INSUT S.A.S estará posicionada en la ciudad de Bucaramanga como una empresa líder en labores relacionadas con el diseño estructural, construcción, supervisión técnica e interventoría en obras de infraestructura hechas en sistemas de concreto reforzado y postensado. INSUT S.A.S se proyecta como una empresa de rápido crecimiento, pues abordará sus proyectos con personal profesional, capacitado y experimentado en la industria de la ingeniería civil con el fin de buscar soluciones óptimas integrales que satisfagan las necesidades de los clientes y busquen dar cumplimiento a todos los requerimientos profesionales, sociales y ambientales que las normativas actuales exigen.

2.3.4 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

La NSR-10 (Norma Sismo Resistente 2010) es una norma técnica colombiana que establece los criterios y requisitos para el diseño y construcción de estructuras sismo resistentes en Colombia

3. Desarrollo de la práctica

3.1 Apoyar en las actividades de supervisión técnica en los proyectos supervisados por INSUT S.A.S

El proyecto debido a su gran envergadura requiere obligatoriamente durante su ejecución la realización de actividades de supervisión técnica, de acuerdo con lo requerido por el título V de la Ley 400 de 1997 en su Artículo 18; que menciona que la construcción de la estructura de edificaciones cuya área construida sea mayor de 3000 m², debe someterse a supervisión técnica. (Norma Sismo Resistente, 2010)

El apoyo fue realizado en el proyecto “TERRA” en las actividades de control en la ejecución que incluye como mínimo requisitos mencionados en la sección I.2.4.6 (NSR-10) durante la ejecución de las etapas 1 y 2, y fue supervisado por el ingeniero residente de supervisión técnica y estuvo definida bajo criterios y requisitos especificados en Título V de la Ley 400 de 1997 y del Título I de la Norma Sismo Resistente de 2010.

3.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto “TERRA” está siendo ejecutado por la constructora Muisca Construcciones ubicado en Cañaveral, Floridablanca en la calle 30 #22-240. Es un proyecto de tipo Residencial que tendrá una torre con 38 pisos con un lote de área total de 2691 m² y un área total construida de 39143.53 m². En la Ilustración 2 se muestra el avance y proyecto “Terra”

Ilustración 2.

Proyecto “TERRA”

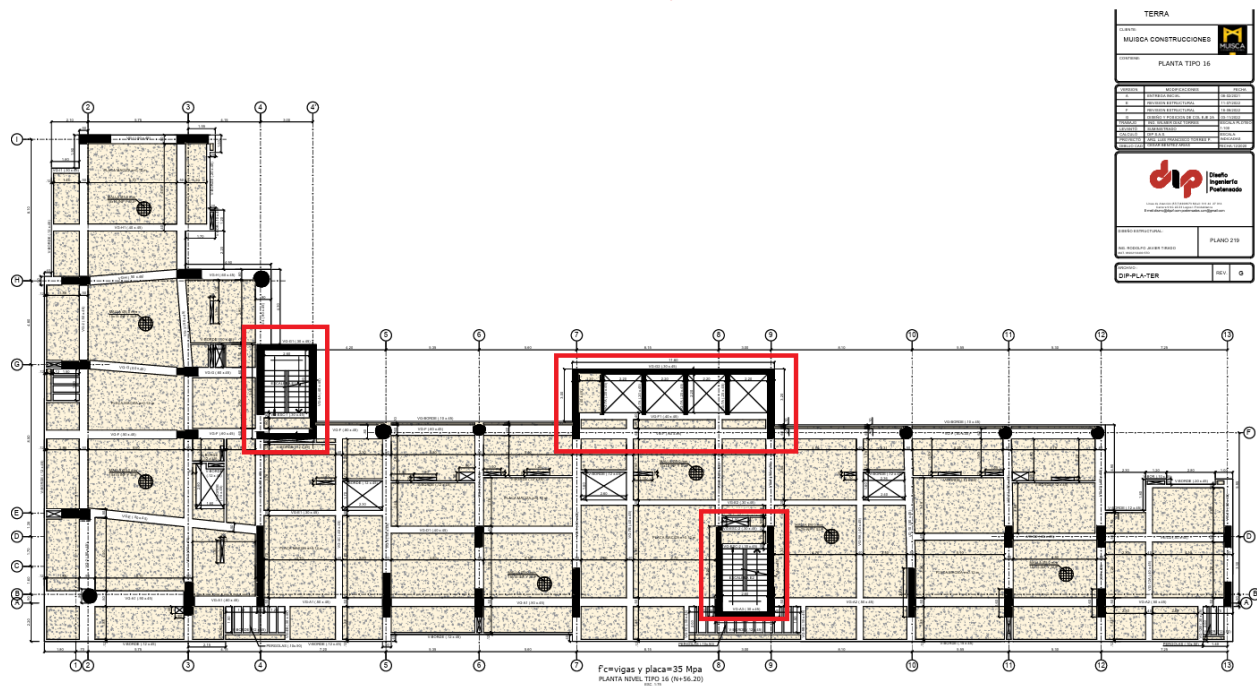


Es una estructura de 129 metros de altura, con un sistema estructural dual, tiene 24 columnas, 17 de ellas rectangulares y 7 circulares, algunas con reducción en sus sección transversal según el nivel; tiene 4 pantallas estructurales que están dentro del portico y pantallas adicionales para 2 fosos de escalera y 3 pantallas perimetrales para 4 fosos de ascensores.

La estructura consta de 46 placas; 6 placas destinadas a parqueaderos, 35 placas destinadas a apartamentos y 5 placas destinadas a zonas sociales. La estructura presenta reducciones del área de sus plantas según la altura, presentándose una reducción en el piso 18 donde se reduce 127 m^2 y otra reducción en el nivel 27 donde se reduce 164 m^2 . En la Ilustración 3 se puede observar la planta estructural del proyecto con los fosos señalados, elementos verticales y vigas.

Ilustración 3.

Planta estructural proyecto “TERRA”



Nota: Plano estructural planta estructural proyecto “TERRA” generados por DIP S.A.S

3.1.2 Revisión de planos estructurales

La revisión de planos estructurales es de vital importancia para comprender la disposición de aceros, dimensiones, cantidad de elementos, especificaciones y recomendaciones por parte del diseñador. Para la revisión de planos se tuvo en cuenta las especificaciones más importantes estipuladas en NSR-10 en la sección A.1.5.2.1 (AIS,2010):

- Firma o sello del diseñador estructural.
- Las vistas necesarias para el entendimiento e interpretación.
- Dimensiones, detalles, ubicación, escala y despieces de todos los elementos.
- Especificaciones de los materiales de construcción que se van a utilizar en la

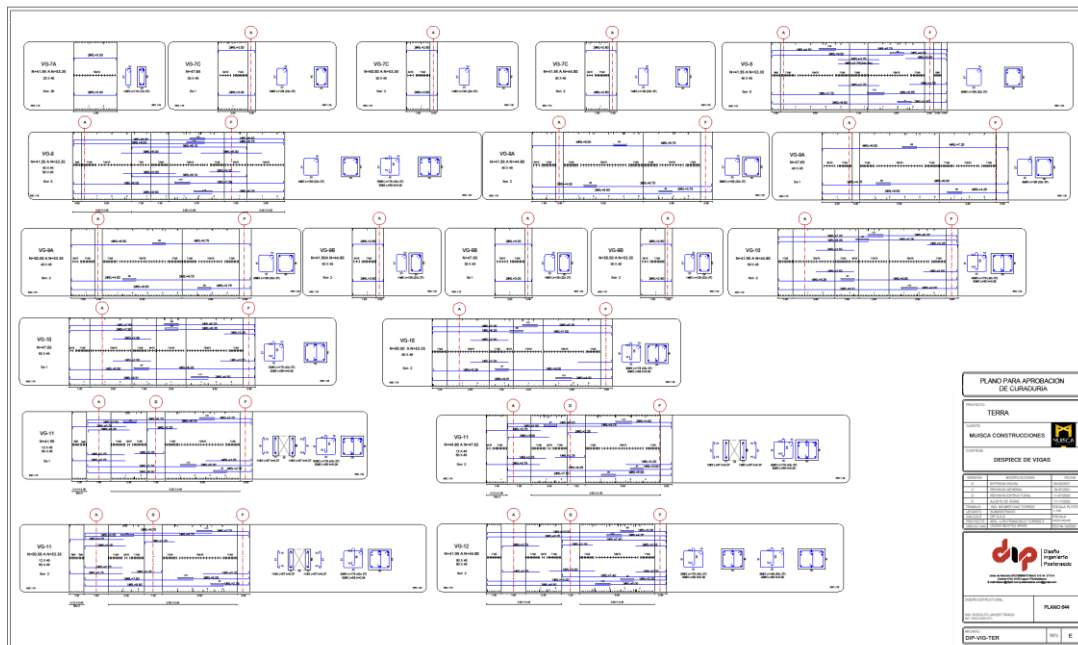
estructura, tales como resistencia del concreto, acero, y toda la información relevante para la supervisión técnica de la estructura.

- Especificaciones de carga bajo las cuales fue diseñado.
- Especificaciones de procesos constructivos y detalles de conexiones.
- Detalles de empalmes, traslajos y ganchos.
- Versión y fecha de plano que se presenta (Con el fin de conocer si hay actualizaciones de diseño). (Sección A.1.5.2.1 NSR-10 ,2010)

En la Ilustración 4 se muestra un plano estructural que contiene el despiece de vigas de un nivel en específico.

Ilustración 4

Ejemplo plano estructural despieces vigas.



Nota: Plano estructural despiece de vigas proyecto "TERRA" generados por DIP S.A.S

3.1.3 Revisión de elementos verticales

En las fases donde se brindó apoyo se hizo la revisión de estructuras verticales (columnas y pantallas). Para la revisión de estos elementos es necesario verificar los planos estructurales como se mencionó en la *Sección 3.1.2*. Las primeras revisiones antes de verificar armado de estructura debe ser la altura y las dimensiones especificadas.

- ***Cantidades de acero y verificación de diámetro***

Se verificó la cantidad de acero especificado según los planos estructurales y que cumplan con la disposición de los detalles estructurales. Se verificó que las barras de acero cumplan con el diámetro especificado en los planos y en caso de cualquier error solucionar reemplazando por la denominación correcta.

- ***Cantidad y posicionamiento de ganchos y estribos***

Se verificó la posición de los ganchos que cumplan con el detalle mostrado en los planos estructurales y la cantidad especificada. En este caso se revisa la posición y distribución de los ganchos según lo dispuesto en el plano. Durante el proceso constructivo debe verificarse que los ganchos no puedan interferir en el momento del vaciado, que estén distanciados y cumplan con su función. En la Ilustración 5 se muestra un ejemplo del armado de una estructura vertical.

Ilustración 5.

Ejemplo armado elemento vertical.



- ***Longitudes de traslapo***

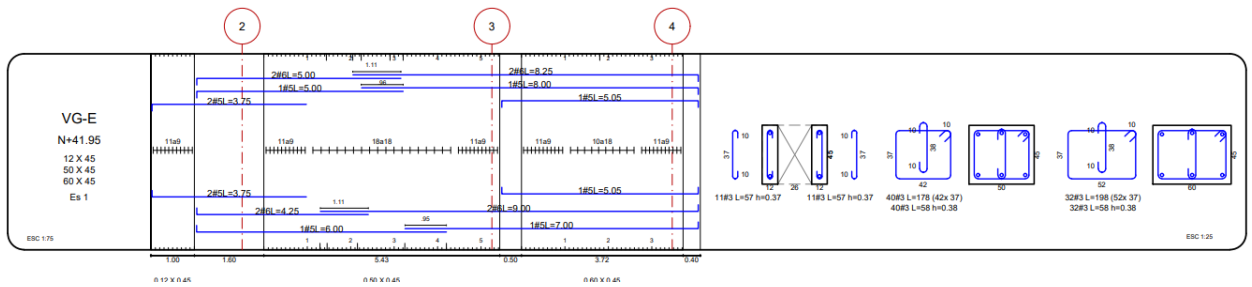
Se verificó la longitud de traslapos de los elementos verticales confirmando que estén por encima de los estipulado en el Capítulo C.12 por la NSR-10 (AIS, 2010) según el diámetro de la barra traslapada; se verificó que la posición de las barras traslapadas sea adecuada y no en los nodos o dispuestas en el extremo del siguiente nivel.

3.1.4 Revisión armado de vigas

Para la revisión de vigas se tiene el despiece donde debe mostrar todas las especificaciones y disposición del acero, cantidades, diámetros, estribos, ganchos y sección transversal; se debe revisar que pueda interpretarse de manera correcta y puedan identificarse eficazmente la posición de los elementos tipo viga. La revisión se realizó teniendo en cuenta el Capítulo C.7 y C.12 de la NSR-10 (AIS, 2010). En la Ilustración 6 se muestra un ejemplo detallado de un despiece de vigas.

Ilustración 6.

Ejemplo detalle estructural despiece vigas.



- **Revisión de cantidades y diámetro de acero longitudinal**

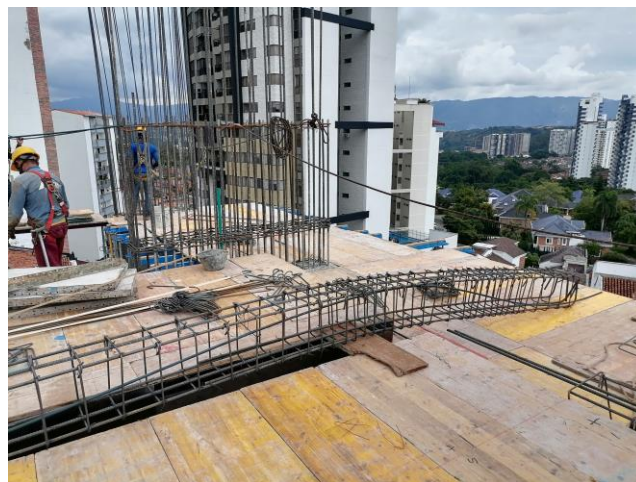
Se verificó el número de barras con su respectivo diámetro y longitudes y la concordancia con los despieces detallados en los planos estructurales.

- **Disposición acero transversal (estribos, ganchos)**

Se verificó la separación entre estribos y ganchos, se revisaron los estribos según los detalles de la sección transversal para verificar las dimensiones de los estribos y su disposición. La revisión fue realizada bajo las especificaciones de las secciones C.7.11. y C.11.4 de la NSR-10 (AIS, 2010). En ilustración 7 se muestra un ejemplo del armado de una viga.

Ilustración 7.

Ejemplo armado de elementos tipo viga.



- **Longitud y ubicación de refuerzo adicional**

Se verificó la longitud y ubicación de barras de refuerzo indicadas en varios elementos; en este caso se revisó que cumpliera con la medida y la disposición de las barras, generalmente el refuerzo adicional está ubicado en las posiciones de las columnas.

- ***Verificación de recubrimiento***

Se verificó el encofrado y el recubrimiento especificado en los Capítulos C.7.7 menciona en el apéndice (c) elementos tipo viga columna cumplir recubrimiento de 40 mm de la NSR-10 (AIS, 2010).

- ***Longitudes de traslapo***

Se verificó la longitud de traslapos de los elementos tipo viga confirmando que estén por encima de los estipulado en el Capítulo C.12 por la NSR-10 (AIS, 2010) según el diámetro de la barra traslapada; se verificó que la posición de las barras traslapadas sea adecuada y en las posiciones recomendadas dependiendo según sea acero superior o inferior.

3.1.5 Revisión armado de placa y limpieza

En primera instancia, deben revisarse los planos donde indique el acero de refuerzo, sea malla electrosoldada y acero adicional en la malla. Una vez revisado el armado de placa, antes del vaciado de concreto debe verificarse la limpieza de la placa, que no haya ningún tipo de residuo que pueda afectar la fundición. Se debe tener en cuenta la colocación de panelas, y burros que garanticen la separación entre mallas y la separación de la formaleta con la malla inferior cumpliendo el recubrimiento especificado en los capítulos C.7 y C.12 de la NSR-10 (AIS, 2010). En la Ilustración 8 se puede observar una placa armada antes de vaciado.

Ilustración 8.

Ejemplo armado de placa.



3.1.6 Procedimientos del concreto

El control de calidad es un factor muy importante, en este caso se hicieron revisiones periódicas de las pruebas de Slump; pruebas que determinan el asentamiento del concreto que llega a la obra y debe comprobarse que los valores coincidan con los de diseño y los solicitados. En la Ilustración 9 se puede observar el resultado de una de las pruebas hechas a un camión de concreto.

Ilustración 9.

Ensayo de Slump. (Asentamiento)



Se verificó el vaciado y el vibrado del concreto con el objetivo de prevenir efectos como la segregación. También se verifica que el concreto sea vaciado en las ubicaciones especificadas por el diseño, en este caso, los nudos eran fundidos con una resistencia superior al concreto de la placa y se debía verificar que se realizara de esa forma. En la Ilustración 10 se muestra el vaciado de concreto en un nudo. Por otro lado, debía garantizarse la hidratación de los elementos previamente fundidos durante los siguientes siete días después del proceso.

Ilustración 10.

Vaciado de concreto en nudos.



3.1.7 Revisión del postensado

Para el postensado primero se hizo la verificación de los planos estructurales y se revisaron las especificaciones del anclaje y de los cables. Para esta revisión es necesario tener en cuenta la cantidad de torones y la altura medida desde la base de la placa. Revisar que los otros elementos necesarios para la instalación cumplan con las especificaciones, anclajes, cuñas, entre otros. Una vez revisada la instalación y que los torones estén correctamente instalados, deben tenerse en cuenta al momento de vaciar el concreto ya que pueden desplazarse o afectarse debido

al vibrado y a la caída del concreto. El contratista encargado debe entregar los registros de elongación y tensionamiento, con el fin de identificar posibles errores en el proceso o fallas en los equipos utilizados. En la Ilustración 11 se muestra el sistema postensado instalado en una viga principal.

Ilustración 11.

Instalación sistema postensado.



Finalizando el periodo de práctica empresarial, se participó como apoyo en supervisión técnica en las obras de “Ampliación Centro Comercial Cañaveral” en este periodo de tiempo, se enfocó la práctica en la realización de supervisión de los sistemas postensados y poder tener en cuenta varios aspectos en la realización de la propuesta de la guía de supervisión técnica.

Por otro lado, se realizó el cálculo de acero de elementos mediante software especializado, este software permite hacer un cálculo semiautomático de las cantidades y ofrece más facilidad y exactitud. En la Ilustración 13 se muestra la tabla automatizada en el software.

Ilustración 13.

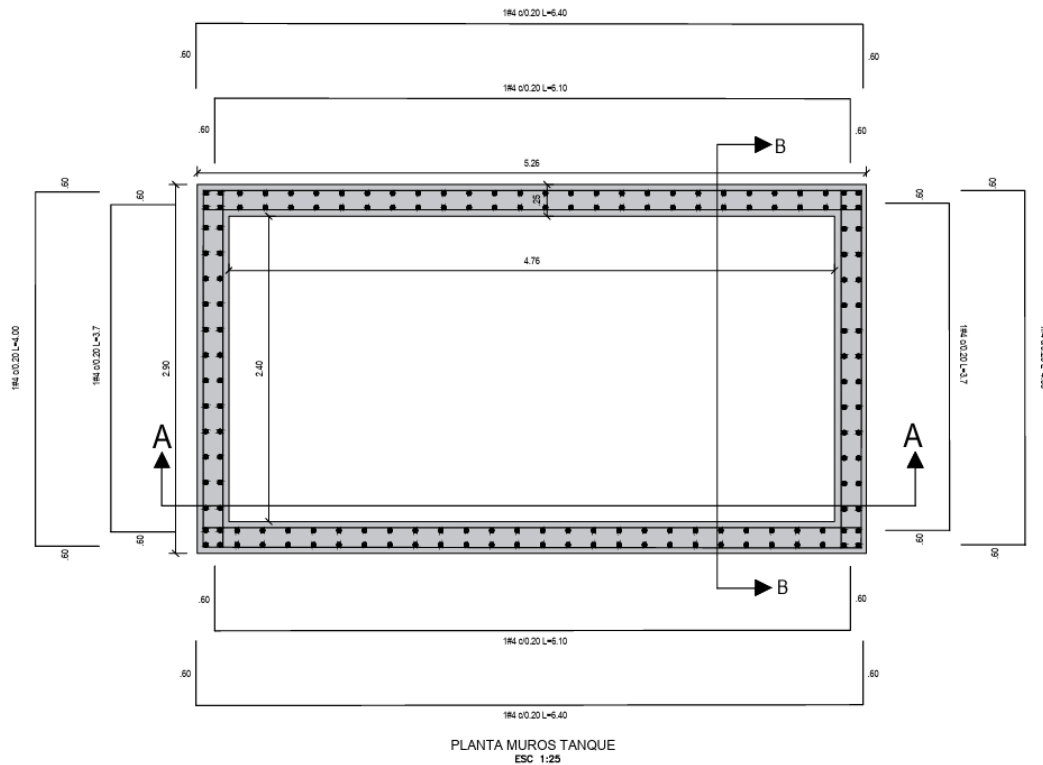
Cantidades de obra automatizadas en software especializado

<TABLA RESUMEN ACEROS SOT 1>						
A	B	C	D	E	F	G
NIVEL	DESIGNACIÓN DE BARRA	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO/METRO LINEAL (KG/M)	PESO TOTAL (KG)	NOTA CLAVE
SOTANO 1	Malla RAM 4mm	2439	2532.19 m	0.1067	270.184673	23-13 21 21
SOTANO 1	N3	30	31.74 m	0.56	17.7744	23-13 21 21
SOTANO 1	N3 ALFAJIA	34	10.06 m	0.56	5.6336	23-13 21 21
SOTANO 1	N4	580	555.24 m	0.994	551.90856	23-13 21 21
		3083	3129.23 m		846.501233	

Para la elaboración de planos fue necesario tener los diseños por parte de los ingenieros calculistas; se utilizaron software de dibujo para la realización de los detalles. En este caso, se brindó apoyo con la elaboración de detalles no estructurales y estructurales. En la ilustración 14 se muestra un detalle estructural realizado con su respectivo despiece.

Ilustración 14.

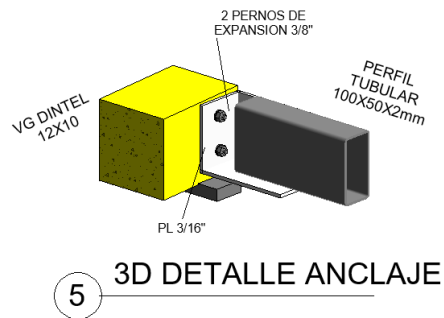
Detalle estructural despiece tanque.



Se brindó apoyo en la modelación de elementos no estructurales para un proyecto de gran envergadura, en este caso, el software permitía trabajar en conjunto y de forma semiautomática para la elaboración de planos y el cálculo de cantidades. En la Ilustración 15 se muestra un detalle modelado en software especializado y puesto en los planos generados para su construcción.

Ilustración 15.

Detalle anclaje software especializado de modelado.




3.3 Proponer una guía para la supervisión técnica de proyectos que involucren sistemas postensados en edificaciones

El propósito de la guía es poder sintetizar los aspectos básicos de la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones. En esta guía se muestran conceptos fundamentales, ventajas de los sistemas postensados y los materiales y equipos a utilizar para su instalación y tensionamiento. Seguidamente, se divide en los aspectos básicos de supervisión como la instalación, vaciado del concreto y proceso de tensionamiento. En la Ilustración 16 se puede observar la portada y la tabla de contenido de la guía.

Las recomendaciones plasmadas en la guía son basadas en trabajo en campo realizados en proyectos con sistemas postensados en loza maciza y de gran envergadura y en recomendaciones consultadas en la Norma Sismo Resistente (AIS, 2010) y el Post-Tensioning Manual, 2006.

Ilustración 16.

Portada y tabla de contenido guía de supervisión técnica.

	Guía para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones	2023
---	---	------

GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

FABIÁN MAURICIO GAMBOA BOHÓRQUEZ

Contenido	Pág
Introducción.....	3
Objetivo.....	3
1. Conceptos fundamentales.....	4
1.1. Definición de sistemas postensados.....	4
1.2. Tipos de sistemas postensados: sistemas adheridos y no adheridos.....	4
1.1.2 Sistemas adheridos.....	4
1.2.2 Sistemas no adheridos.....	4
1.3. Ventajas de los sistemas postensados.....	4
1.4. Normativas y regulaciones colombianas aplicables.....	4
2. Materiales y equipos.....	5
3. Selección y control de materiales.....	6
3.1. Inspección de equipos de postensado.....	7
3.2. Verificación de los materiales.....	7
4. Procedimientos de Supervisión Técnica.....	7
4.1. Inspección inicial.....	7
4.2. Supervisión durante la instalación.....	8
4.3. Supervisión durante vaciado de concreto.....	9
4.4. Supervisión durante el tensionamiento, elongación y terminado de cables.....	9
ANEXOS.....	11
REFERENCIAS.....	12

2

3.3.1 Introducción, objetivo y conceptos fundamentales

En estas secciones se hace una pequeña introducción sobre los sistemas postensados, en la sección de objetivo se clarifica la finalidad de la guía y las responsabilidades de esta; se deja claro que los detalles y recomendaciones sugeridas plasmadas en esta guía básica son realizadas de acuerdo con las prácticas y experiencia en campo generalmente aceptadas y debe procurarse seguir siempre las indicaciones de los diseñadores por encima de esta. Es importante comprender la normativa nacional y algunos manuales internacionales que establecen requisitos técnicos en el momento de la supervisión, La Ilustración xx muestra esta sección en la guía con la introducción, normativa y responsabilidades. En la ilustración 17 se puede observar una pequeña parte de los conceptos fundamentales, tanto conceptuales como definición de elementos y equipos.

Ilustración 17.

Introducción, normativa y responsabilidades.

GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

Introducción

La base teórica de la utilización de sistemas postensados en edificaciones, específicamente los entresijos a base de losas postensadas, radica en el principal material que hace parte de estos sistemas; el concreto, este material es inherentemente eficiente en soportar las fuerzas compresivas mientras que los tendones de postensado son eficientes en soportar fuerzas de tracción. Por lo tanto, el uso en conjunto de estos dos materiales permite construir estructuras seguras y con amplios beneficios, económicos y a nivel estructural. (Post- Tensioning Manual, 2006)

Los sistemas postensados en losas se utilizan ampliamente en la ingeniería civil para mejorar la resistencia y durabilidad de estructuras, además de presentar muchas ventajas en otros aspectos relevantes de los proyectos de construcción, como puentes, edificios y carreteras. Por lo tanto, es fundamental una supervisión rigurosa durante todas las etapas de su proceso constructivo para garantizar su seguridad y durabilidad. (Torres, J., Gómez, R. & Pérez, M. 2018)

Durante la construcción la supervisión debe tener inspecciones visuales para evaluar la colocación correcta de tendones; como también la revisión de los elementos y equipos necesarios para su instalación.

Este manual proporciona una base para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones, destacando consideraciones claves y las mejores prácticas en procesos constructivos. Para contextualizar adecuadamente este manual se revisaron estudios previos, normativas nacionales e internacionales y más específicamente trabajo práctico en estructuras con entresijos a base de losas postensadas.

Normativa

En Colombia, la supervisión en sistemas postensados en losas se rige por normativas que establecen requisitos técnicos y directrices para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras. Esta guía está basada en algunos criterios estipulados en la Norma Sismo Resistente Colombia, 2010, específicamente en las secciones C.18.13 y C.18.23. También hay recomendaciones tomadas del Post- Tensioning Manual, 2006 que fueron adaptadas al trabajo en campo realizados.

Responsabilidades

La gran parte de los detalles y recomendaciones sugeridas plasmadas en esta guía básica son realizadas de acuerdo con las prácticas y experiencia en campo generalmente aceptadas. Pueden variar los detalles y especificaciones según cada diseñador y profesionales de instalación, tensionado y acabado de tendones. Procure basar la supervisión técnica siempre teniendo en cuenta las indicaciones escritas por parte de los contratistas por encima de esta guía.

Ilustración 18.

Conceptos fundamentales y definición de equipos y materiales.

GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

1. Conceptos fundamentales

1.1. Definición de sistemas postensados

El concreto postensado es un método de fortalecimiento en el cual se emplean cables de acero que se insertan en un conducto para evitar que se adhieran al concreto. Se aplican fuerzas contrarias a las generadas por las cargas de trabajo, lo que resulta en un aumento de su capacidad de carga. Esto implica un estado especial de tensiones y deformaciones. La aplicación de estas fuerzas se lleva a cabo una vez que el concreto ha fraguado y alcanzado una resistencia específica definida por el diseñador.

1.2. Tipos de sistemas postensados: sistemas adheridos y no adheridos

1.1.2. Sistemas adheridos

El sistema adherido consiste en agrupar cables en un ducto de PVC corrugado en la parte exterior para ayudar a la adherencia con el concreto y en la parte interior los tendones quedan libres inicialmente para ser tensados haciendo uso de gatos hidráulicos. Posteriormente, se procede a la inyección de lechada de cemento, para asegurar la adherencia de los cables al concreto. (CCL Perú)

1.2.2. Sistemas no adheridos

El sistema no adherido no requiere ductos corrugados ni la inyección de lechada, solo son necesarios cables de baja relajación revestidos. El revestimiento permite el libre movimiento del cable respecto al concreto que lo rodea durante la acción del tendido. (CLL Perú)

1.3. Ventajas de los sistemas postensados

Los principales beneficios de utilizar vigas y losas postensadas en edificaciones son:

- > La posibilidad de diseñar estructuras con grandes luces, directamente relacionado con la reducción de costos.
- > Reducción en secciones transversales en vigas lo que supone una reducción en la altura de las edificaciones.
- > Eficiencia y durabilidad del sistema; las estructuras requieren menor mantenimiento y presentan una alta durabilidad y resistencia en edificaciones.
- > Mayor control de fisuras y deflexiones; se incrementa la rigidez del elemento y ayuda a controlar y a contrarrestar la contracción y fisuras por flexión.
- > Presenta un importante ahorro de materiales debido a los beneficios de diseño que presentan estos sistemas.

2. Materiales y equipos

Para la instalación de los sistemas postensados en edificaciones se necesita el uso de los siguientes materiales y equipos:

GUÍA PARA LA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS POSTENSADOS EN EDIFICACIONES

- > **Torón no adherido:** Se compone por uno o más hilos de acero de alta resistencia dispuestos en espiral y están diseñados para operar bajo tensión, recubiertos con grasa y un revestimiento de polietileno de alta densidad. Los torones son de baja relajación, libres de esfuerzo residual. (PSI Concreto)



Figura 1. Torón no adherido engrasado. Fuente: Propia

- > **Anclaje:** Es una pieza de hierro fundido, pueden emplearse como activos o pasivos. El anclaje activo es donde se lleva a cabo el proceso de tensionamiento, mientras que el anclaje pasivo es el responsable de generar la fuerza de reacción y se encuentra en el extremo opuesto del torón.



Figura 2. Anclaje Fuente: Propia

- > **Cuñas:** Las cuñas son pequeños componentes fabricados en acero aleado de gran resistencia y tienen una forma de cono truncado. Cuentan con un agujero en el centro que presenta una superficie dentada y su principal función es la de regular los torones para asegurar el cable y mantener la tensión en él. (MIT Maxim)

3.3.2 Inspección de equipos de postensado y verificación de los materiales

En esta sección se menciona la importancia de hacer la verificación de los certificados que garanticen la calidad de los equipos y los materiales; en el caso de los equipos el registro de calibración y en los materiales con su respectivo registro de fabricación y ensayos. (Ver Página 8 en **Apéndice A – Guía para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones**)

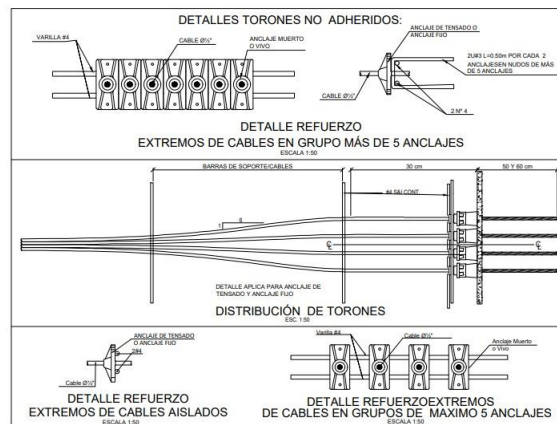
3.3.3 Procedimientos de Supervisión Técnica

En esta sección se dividen los procedimientos para la instalación, vaciado del concreto, tensionamiento, elongación y terminado.

- **Inspección inicial:** Menciona aspectos generales de la revisión y supervisión de sistemas postensados. En la Ilustración 19 se puede observar un detalle de la correcta instalación suministrado por la empresa DIP SAS, encargada del diseño de un sistema postensado para losa maciza. (Ver Página 8 en **Apéndice A – Guía para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones**)

Ilustración 19.

Detalle anclaje estructural sistema postensado.



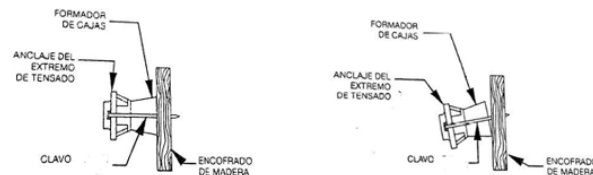
Nota: Tomado de DIP SAS.

- **Supervisión durante la instalación** En la instalación deben tenerse en cuenta aspectos muy importantes para evitar errores en los siguientes procesos: vaciado de concreto y tensionamiento. El personal capacitado y experimentado en la instalación deberá seguir las especificaciones dispuestas por el diseñador y recomendaciones sugeridas por los profesionales en supervisión. En la Ilustración 20 se observan las recomendaciones de la guía durante la instalación.

Ilustración 20.

Recomendaciones durante la instalación.

- Deben garantizarse las especificaciones en los planos suministrados por los diseñadores. Se debe tener especial cuidado con la disposición del acero del elemento, viga o placa. En caso de hacer modificaciones en las alturas por constructibilidad debe cumplirse según los rangos especificados.
- Los anclajes deben estar uniformes y previamente revisados y libres de deformidades y vacíos. Debe garantizarse que no tenga orificios donde el concreto pueda colarse. En la Figura 7 se puede observar la forma correcta e incorrecta de ubicar los anclajes.



Posición correcta del anclaje

Posición incorrecta del anclaje

Figura 7. Posición anclaje Fuente: Post-Tensioning Manual, 2006

- Verificar los anclajes y realizar limpieza en caso de necesitarlo. Para suciedad extrema se recomienda limpieza química.
- Los cables deben cumplir con el grosor especificado y su recubrimiento debe ser homogéneo. No debe tener ninguna alteración como topes o desgaste. (Tomado: *Post-Tensioning Manual, 2006*)
- Revisar la corrosión en los extremos donde se eliminó previamente el recubrimiento; verificar la longitud eliminada del revestimiento.
- Verificar el revestimiento en los extremos fijos; debe cumplir las especificaciones en los planos. (Tomado: *Recomendaciones por expertos en la disciplina*)
- Las colas de los tendones deben tener la longitud especificada y revisar el revestimiento eliminado.

En la Ilustración 21 se observan ejemplos de montajes tomados de proyectos de gran envergadura, en ellas se pueden observar recomendaciones como la uniformidad, anclajes sin deformidades, torones homogéneos, entre otros.

Ilustración 21.

Ejemplo montaje de referencia.



(Ver Página 9 en **Apéndice A – Guía para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones**)

- ***Supervisión durante el vaciado de concreto:*** Contiene aspectos básicos importantes del vaciado de concreto en estructuras con sistemas postensados; recomendaciones sobre composición de la mezcla, procesos de vaciado, vibrado y limpieza. En la Ilustración 18 se pueden observar las recomendaciones contenidas en la guía durante el vaciado de concreto.

Ilustración 22.

Recomendaciones durante vaciado de concreto.

- Realizar una inspección rápida confirmando la correcta posición de los anclajes y soportes.
- Evitar el uso de aditivos que en su composición química contengan cloruro de calcio; esto para evitar que al contacto con los tendones puedan sufrir alteraciones en su recubrimiento. *(Tomado: Post- Tensioning Manual, 2006)*
- Procurar un hormigón fluido para que pueda extenderse y su compactación sea sencilla; debe garantizarse una alta resistencia inicial. *(Tomado: Recomendaciones por expertos en la disciplina)*
- Debe tenerse en cuenta el proceso de vaciado dependiendo del método utilizado porque podría causar desplazamientos horizontales en los cables.
- El proceso de vibrado debe ser supervisado en los puntos críticos ya que podría causar desplazamiento de soportes o anclajes; los tendones podrían sufrir daños o desplazamiento.
- Se debe revisar y hacer limpieza, después del vaciado y antes de su endurecimiento, las piezas de anclajes pueden tener trazas de hormigón que podrían afectar el proceso de tensionamiento.

En la Ilustración 23 se puede observar una fotografía en campo de la limpieza del extremo anclado para posterior proceso de elongación

Ilustración 23.

Ejemplo limpieza zona de anclaje después del vaciado.



(Ver Página 10 en **Apéndice A – Guía para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones**)

- ***Supervisión durante tensionamiento, elongación y terminado de cables:*** En esta sección se recomienda sobre personal, seguridad y condiciones del concreto; también hace referencia a aspectos básicos sobre la elongación, y terminado de tendones. En la figura 19 se pueden observar las recomendaciones contenidas en la guía durante el tensionamiento, elongación y terminado de cables.

Ilustración 24.

Recomendaciones durante tensionamiento, elongación y terminado de cables.

- Antes de realizar el tensado debe confirmarse nuevamente las tablas actualizadas de calibración.
- Verificar la presión aplicada según las tablas suministrada teniendo en cuenta el tipo de gato que se está utilizando.
- Observar la manipulación del gato y el cuidado de la persona capacitada.
- Debe verificarse que las elongaciones estén dentro de los parámetros especificados.
- Debe verificarse que se registren correctamente las elongaciones.
- Una vez aprobadas las elongaciones debe verificarse que se hayan cortado las colas de los tendones a la profundidad adecuada inmediatamente después de que las elongaciones hayan sido aprobadas.

En la Ilustración 25 se observa el proceso de elongación una vez cumpla el endurecimiento generalmente especificado por profesionales a cargo.

Ilustración 25.

Proceso elongación.



(Ver Página 11 en Apéndice A – Guía para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones)

4. Conclusiones

A partir de las actividades de apoyo en el área de supervisión técnica, se reconoce la importancia de su implementación en obras civiles; es vital garantizar la calidad de materiales, procesos constructivos y brindar soluciones a errores que puedan afectar a nivel estructural los proyectos de construcción. La ley exige la participación de profesionales capacitados en supervisión técnica para asegurar el cumplimiento de las especificaciones y la seguridad una vez sean habilitadas para su uso las obras de construcción.

La asistencia en el cálculo de cantidades y elaboración de planos garantiza el éxito de los proyectos de construcción en diferentes fases, planeación y construcción. Los planos estructurales deben tener las especificaciones estipuladas por la NSR-10 para su entendimiento y así evitar retrasos que puedan entorpecer la programación en los cronogramas de los proyectos.

La consolidación de la propuesta de la guía básica para la supervisión técnica de sistemas postensados en edificaciones logró sintetizar los procesos necesarios para su uso y dar recomendaciones respecto a materiales, equipos, instalación y procesos de elongación y terminado de tendones.

Durante la práctica todas las actividades mencionadas anteriormente fueron supervisadas por profesionales en sus disciplinas y el apoyo realizado fue recibido exitosamente garantizando la culminación favorable de todas las tareas. El afianzamiento de conocimiento, la relación con otras disciplinas, la práctica en campo y el enriquecimiento profesional y personal hacen parte de la experiencia y el objetivo de la práctica empresarial realizada.

Referencias Bibliográficas

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 2*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica.
- Bayona Becerra, G. A. (2019). Supervisión técnica y administrativa en la construcción de edificaciones y obras viales de mediana escala.
- Cross, E. (2007). Post-tensioning in building structures. *Concrete in Australia*, 33(4), 48-54.
- Campos Sánchez, M. D. P. (2020). *La supervisión técnica en proyectos de construcción de edificaciones según la normativa sismo resistente colombiana* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Jiménez, L. P. (2009). Supervisión técnica en la construcción de edificaciones. *Sucre, Colombia*.
- Krauser, L., Mathews, T. (2006). Manual instructivo para el entrenamiento y certificación de personal de campo para postensado sin tendones adherentes. *Estados Unidos*.
- Montes Raymundo, E., & Yalli Raymundo, J. C. (2021). DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO LOSAS POSTENSADAS CON TENDONES NO ADHERIDOS.
- Torres-Medina, C. C. (2019). Importancia de una adecuada supervisión técnica sobre el acero de refuerzo durante la ejecución de construcciones de edificaciones.