



Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“PROPUESTA E IMPLEMENTACION DE MEJORA
EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE
ELEMENTOS VERTICALES ESTRUCTURALES
INTERNOS EN UNA EDIFICACION DE UNA
EMPRESA CONSTRUCTORA”**

TESIS

Para optar por el título de Ingeniero Industrial

AUTOR

Castañeda Lazo, Fiorella Del Pilar (0000-0003-2274-2956)

ASESOR DE TESIS

Carvallo Munar, Edgardo Gabriel (0000-0001-8067-1354)

Lima, 10 de Mayo 2018

Dedicatoria

Este trabajo y el esfuerzo de toda mi carrera se la dedico a mi madre,

mis hermanos

y mi padre.

Que logran que cada día quiera ser mejor persona.

Agradecimientos

Mi agradecimiento al Ingeniero Edgardo Carvallo por su paciencia, guía y labor de maestro, cuyo asesoramiento hizo posible plasmar este trabajo.

Al Ingeniero Bolton Castañeda por todo su gran apoyo incondicional.

Al Ingeniero Víctor Muñoz por siempre confiar e incentivar este logro.

Resumen

El presente proyecto se basa en el estudio de la mejora del proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos de una empresa constructora que ejecuta proyectos de vivienda. Dichos elementos presentaban un alto porcentaje de no conformidades, lo que provocaba reprocesos y sobrecostos. El objetivo de este proyecto es la reducción de estas no conformidades. Para poder resolver este problema se realizó una propuesta de mejora e implementación que logró el objetivo.

En el capítulo uno se desarrolla el marco teórico, el cual contiene términos y conceptos que ayudarán a la mejor comprensión de los siguientes capítulos. Para el desarrollo del segundo capítulo, se describió la situación inicial, análisis, costos de reparación, problema e hipótesis. Para el desarrollo del tercer capítulo se presenta las propuestas de mejora. Finalmente, en el cuarto capítulo se realizó la validación de la propuesta a través de la implementación y se muestra los resultados obtenidos.

Palabras clave: Reprocesos, Encofrado, Construcción de edificios, Mejora continua.

Abstract

The present project is based on the study of the improvement of the production process of vertical structural elements of a construction company that executes housing projects. These elements presented a high percentage of non-conformities, which caused reprocessing and cost overruns. The objective of this project is the reduction of these non-conformities. In order to solve this problem, an improvement and implementation proposal was made that achieved the objective.

In chapter one the theoretical framework is developed, which contains terms and concepts that help to better understand the following chapters. For the development of the second chapter, description of the initial situation, analysis, repair costs, problem and hypothesis. For the development of the third chapter, the improvement proposals are presented. Finally, in the fourth chapter the validation of the proposal was carried out through the implementation and the results obtained were shown.

Keywords: Rework, Formwork, Building Construction, Continuous Improvement.

Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	iii
Capítulo 1 Marco teórico.....	1
Introducción.....	1
Entorno del sector.....	1
Definiciones importantes.....	3
Calidad.....	3
No conformidades.....	4
Trabajos no contribuyentes.....	4
Metodología.....	4
Herramientas.....	5
Diagrama de operaciones de proceso (DOP).....	5
Diagrama de análisis de proceso (DAP).....	5
Árbol de causas.....	5
“5W y 1H”/ “Cinco por qué y un cómo”.....	6
Matriz de Leopold.....	7
Análisis Costo Beneficio.....	7
Descripción resumida del proceso.....	7
Tipos de no conformidades de calidad.....	10
Panceo.....	11
Segregaciones:.....	11
Cangrejeras.....	12
Normativa.....	13
Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).....	13
Norma Técnica de Edificación NTE E.060.....	13
Norma GE.030: Calidad de la construcción.....	14
Buenas prácticas en la construcción.....	14
ISO 9001:2015.....	14
Sistema de Gestión de Calidad.....	15

Capítulo 2 Situación inicial	16
Organigrama de la empresa en obra	16
<i>Layout</i> de la obra	17
Problemas de la empresa en la obra.....	18
Distribución de no conformidades en obra.....	19
DAP del proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos	21
Análisis	25
Árbol de causas.....	33
Impacto	35
Económico	36
Tiempo de retraso por reparar los elementos verticales	41
Nivel de rotación de personal	42
El problema	42
Diagnóstico.....	43
Objetivo	43
Hipótesis	43
Capítulo 3 Propuesta de mejora.....	44
Objetivo general	44
Objetivos específicos.....	44
Alcance	45
Diseño.....	45
Propuestas de mejora	46
Requerimientos para desarrollo de las propuestas.....	47
Desarrollo	51
Refuerzos horizontales con punto fijo en losa.....	51
DAP propuesto	53
Objetivos del sistema de gestión de calidad	55
Herramientas del sistema:.....	55
Aspecto sistémico	57
Sistema de control	58
Cronograma	59

Presupuesto.....	59
Resultados esperados	60
Consideraciones de implementación	60
Capítulo 4 Implementación e impacto.....	61
Validación (Implementación).....	61
Justificación	61
Planificación	61
Cronograma	62
Ejecución	62
Resultados logrados	65
Ajustes	70
Impacto	70
Conclusiones.....	78
Recomendaciones	80
Referencias y bibliografía.....	81
Anexos.....	83

Cuadros:

Cuadro 1: Venta de viviendas en Lima Metropolitana (2002 al 2013)	2
Cuadro 2: Venta de viviendas en Lima Metropolitana (2010 al 2017)	3
Cuadro 3: Porcentaje de los problemas de la empresa en obra	19
Cuadro 4: Distribución de no conformidades por tipo de elementos en obra	19
Cuadro 5: DAP elaboración de Elementos verticales estructurales internos modelo 2.....	24
Cuadro 6: Porcentaje de productos no conformes por tipo de no conformidad	31
Cuadro 7: Porcentaje de no conformidades en columnas según tipo por piso	31
Cuadro 8: Porcentaje de no conformidades en placas según tipo por piso	32
Cuadro 9: Cuadro de Problemas y propuestas.....	46
Cuadro 10: Cuadro de Problemas y requerimientos.....	48
Cuadro 11: Cronograma propuesto para la implementación	59
Cuadro 12: Costo de la implementación de los refuerzos horizontales con puntos fijos	60
Cuadro 13: Nuevo cronograma ajustado (Para la implementación).....	62

Cuadro 14: Cronograma con el que se ejecutó la implementación	63
Cuadro 15: Porcentaje de falla en columnas por piso.	66
Cuadro 16: Porcentaje de fallas en placas por piso.	66
Cuadro 17: Horas-hombre antes de la implementación.....	67
Cuadro 18: Horas-hombre después de la implementación	67
Cuadro 19: DAP después de la implementación	69
Cuadro 20: Matriz de Leopold	74

Figuras:

Figura 1: Árbol de causas	6
Figura 2: Fotografía del encofrado de una placa	8
Figura 3: Fotografía de una placa	8
Figura 4: Vaciado de la mezcla para una columna.....	9
Figura 5: Fotografía tomada en obra a un acabado “caravista”	10
Figura 6: Representación gráfica del panceo.....	11
Figura 7: Fotografía de una segregación	12
Figura 8: Ilustración de una cangrejera	12
Figura 9: Organigrama de la empresa.....	16
Figura 10: Plano con vista de planta de un piso típico.	17
Figura 11: DOP Proceso de elaboración de elementos verticales	20
Figura 12: DAP elaboración de Elementos verticales estructurales internos - modelo 1.....	22
Figura 13: Árbol de causas de las no conformidades	34
Figura 14: Evidencia de falta refuerzos horizontales y puntos fijos.....	35
Figura 15: Diagrama flujo de requerimiento de nuevo personal	42
Figura 16: Representación del encofrado con puntos fijos en losa	52
Figura 17: DAP propuesto.....	53
Figura 18: Validación sistémica	58
Figura 19: Ciclo de control.....	58
Figura 20: Fotografía de los registros de charlas de calidad:	64
Figura 21: Fotografías antes y después de la implementación del procedimiento de refuerzo horizontal con punto fijo a la losa	65

Tablas:

Tabla 1: Número de elementos de la obra por piso	18
Tabla 2: Tabla de salarios y beneficios sociales construcción civil 2015 a 2016	26
Tabla 3: No conformidades encontradas: Panceo, Segregación y Cangrejeras.....	30
Tabla 4: Número de elementos por tipo con sus respectivos porcentajes de no conformidad	32
Tabla 5: Costos de reprocesos por Panceo	36
Tabla 6: Costos de reprocesos por Segregación / Cangrejera	37
Tabla 7: Costo de reparación registrado	38
Tabla 8: Proporción de no conformidades registradas en situación inicial	39
Tabla 9: Número de fallas en columnas y placas proyectadas según proporciones halladas	39
Tabla 10: Total de fallas (no conformidades) proyectadas. (Sin implementación).....	40
Tabla 11: Total de fallas (no conformidades) proyectadas y sus costos.	41
Tabla 12: Formato de calidad para encofrado	56
Tabla 13: Registro de capacitación de calidad	56
Tabla 14: Cuadro de fallas en elementos verticales piso 1 al piso 9	68
Tabla 15: Cuadro de fallas (no conformidades) en elementos verticales después de la implementación (piso 10 al 22)	68
Tabla 16: Número de fallas (no conformidades) en columnas y placas con la razón de aparición en cada una, después de la implementación	71
Tabla 17: El total de fallas registradas y sus respectivos costos	72
Tabla 18: Diferencia entre costo proyectado y costo registrado	72
Tabla 19: Impacto económico	73

Capítulo 1 Marco teórico

Introducción

En este primer capítulo se presenta como marco teórico el entorno del sector, el proceso constructivo, la normativa y el estado del arte con las herramientas que se usó a lo largo de este estudio.

La presente investigación, se enfocará en la calidad del acabado de los elementos verticales estructurales internos de concreto armado en una edificación de una empresa constructora. Estos elementos también se denominan placas y columnas.

Los problemas hallados en la calidad de estos elementos, son identificados después del desencofrado. El estudio se centrará en el acabado de estos elementos y para el análisis de causas de las no conformidades se harán uso las herramientas de Ingeniería Industrial para lograr el objetivo de evitar las reparaciones (reprocesos) y eliminar dichos sobrecostos.

Se explican algunos términos del proceso constructivo de las placas y columnas como encofrado¹, vaciado² y desencofrado³. A continuación se presenta los principales conceptos usados en este documento.

Entorno del sector

El sector construcción es uno de los más importantes como fuente no primaria para la economía del país con una contribución alrededor de 5% al PBI (INEI - EY, 2015 - 2016). Este sector está formado por las obras de infraestructura y de vivienda. El presente estudio está dentro de la construcción de vivienda dentro de lima metropolitana. A continuación se muestra un breve recuento de la evolución de venta inmobiliaria en lima metropolitana de los últimos años. Se tuvo un crecimiento sostenido del 2002 al 2012 (CAPECO (Cámara Peruana

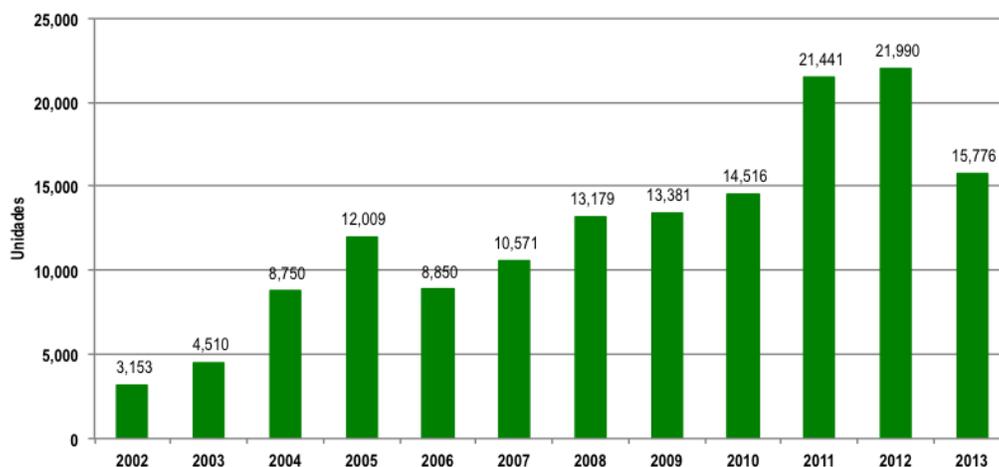
¹ Encofrado: Molde formado con tableros o chapas de metal o de material análogo, en el que se vacía el hormigón hasta que fragua, y que se desmonta después. (Real Academia Española)

² Vaciado: Acción de vaciar en un molde un objeto de metal, yeso, etc. (Real Academia Española)

³ Desencofrar: Acción de quitar el encofrado. (Real Academia Española)

de la Construcción), 2014) (Ver cuadro 1), luego del 2013 se tuvo la caída de venta inmobiliaria por tres años consecutivos hasta el 2016 (Belletich, 2016). Para fines del 2017 la venta de vivienda logró revertir la caída a pesar del panorama económico que se vivió con el “Niño Costero⁴” y el caso “Lava Jato⁵” (Arredondo, 2017).

Cuadro 1: Venta de viviendas en Lima Metropolitana (2002 al 2013)



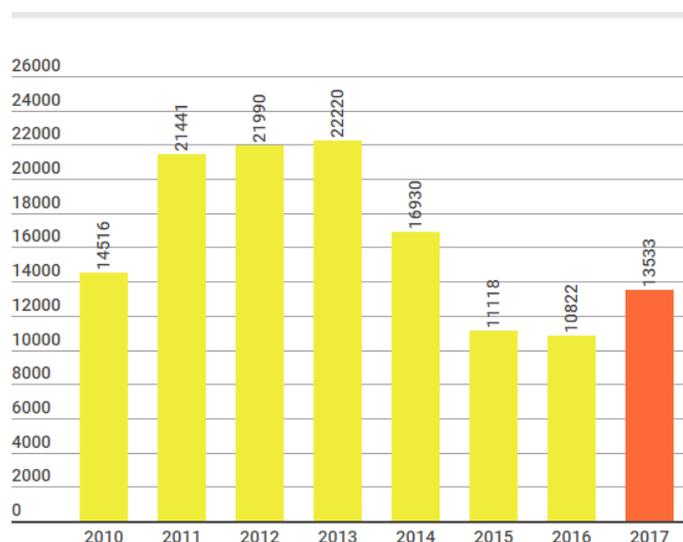
Fuente: CAPECO

En el año 2015, cuando se realizó el proyecto del presente estudio se tenía un panorama difícil en la construcción y si bien aún había ventas, estas cifras eran bastante retraídas en comparación a los años anteriores (Ver cuadro 2) como se mencionó anteriormente, por lo que el factor económico tomó aún mayor importancia para los proyectos y lograr ahorrar o evitar sobrecostos tomó gran atención más aún en ese momento coyuntural. Es así que en este sector es muy importante mejorar continuamente para la optimización de recursos y ser cada vez más competitivo.

⁴ “Niño Costero”: Fenómeno climático sufrido en Perú y Ecuador entre Diciembre 2016 a Abril 2017, los daños totales en Perú ascendió a US\$ 3,124 millones con alrededor de 1 millón de afectados. (PAHO ORG, 2017)

⁵ Lava Jato: Es una investigación de corrupción llevada a cabo por la Policía Federal de Brasil. (Biblioteca digital de la academia de la magistratura, 2017)

Cuadro 2: Venta de viviendas en Lima Metropolitana (2010 al 2017)



Fuente: CAPECO

Definiciones importantes

Calidad

Se tiene muchas definiciones de calidad, desde algunas técnicas como de la ISO 9000: “Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”, otra más académica como la de la Real Academia Española: “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permite juzgar su valor”, hasta definiciones más prácticas como por ejemplo de Deming, que define la calidad como “Un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo coste, adecuado a las necesidades del mercado” (Deming, 1982); mientras que Juran la define como la adecuación para el uso, satisfaciendo la necesidad del cliente. También se tiene que la calidad es la “Satisfacción de las expectativas del cliente” (Feigenbaum, 1991), algunas que relacionan otros conceptos como la de Taguchi “Calidad es la menor pérdida posible para la sociedad” (Barato, 2017). Otra definición de calidad es la de Crosby “ajustarse a las especificaciones o conformidad de unos requisitos” (Definición del concepto de calidad, 2005). Para esta investigación se usará una definición más cercana a la dictada por Crosby, entendiendo por calidad, el cumplimiento de los requisitos o requerimientos del cliente.

No conformidades

Son todos aquellos defectos o problemas que hacen poner al elemento en categoría de no conforme, es decir cuando tiene un error, y debe repararse.

Trabajos no contribuyentes

Se considera a cualquier actividad que no genera valor y que cae representa pérdida. Este tipo de trabajos no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor. Ejemplo: esperas, descansos, trabajo rehecho, viajes, etc.

Metodología

A lo largo del estudio se tuvo presente la metodología DMAIC como guía de desarrollo. Esta es una metodología que tiene un procedimiento de resolución de problemas, utilizado en mejora de procesos y calidad. A menudo se asocia a la filosofía Six Sigma porque casi todas sus implementaciones la utilizan (Antony, Bhuller, Kumar, Mendibil, & Montgomery, 2012) pero no es una metodología exclusiva de esta filosofía. DMAIC tiene cinco etapas y estas son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, son los equivalentes de sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control).

Definir: En este paso se quiere saber qué es lo importante del estudio, qué objetivos se quiere alcanzar, para esto se define e identifica los requerimientos críticos y documentación del proceso.

Medir: Lo importante en este paso es saber cómo se está haciendo el proceso ahora, para ello se debe medir el desempeño actual y determinar qué se medirá en el estudio.

Analizar: En este paso el objetivo es entender qué está mal, analizar u determinar la causa raíz de los problemas o defectos. Desarrolla y prueba las hipótesis para la causa raíz de las soluciones.

Mejorar: Hay que preguntarse qué se necesita hacer. En este paso se busca generar y cuantificar soluciones potenciales que optimicen o mejoren el proceso. Luego se evalúa y selecciona una solución y posteriormente se verifica la solución final para su aprobación.

Controlar: Se implementa la solución. Para garantizar que la mejora se mantenga se monitorea y controla las características del proceso crítico. Finalmente se desarrolla planes de acción fuera de control.

Herramientas

Para el presente estudio fueron necesarias las herramientas que se presentan a continuación:

Diagrama de operaciones de proceso (DOP)

Es la representación gráfica de la secuencia de las operaciones e inspecciones realizadas y de los materiales que entran al proceso a través de una serie de símbolos convencionales. Este diagrama permite la fácil visualización del proceso de manera simple (Veroz Herradón & Morales Gutiérrez, 2004).

Diagrama de análisis de proceso (DAP)

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones y almacenamientos que se realizan durante el proceso, también puede incluir información para el análisis del proceso como tiempos y distancias recorridas. Este diagrama representa el proceso real. Esta herramienta ayuda a identificar las actividades que no agregan valor al producto como demoras o transporte innecesario (Kanawaty & OIT, 1996).

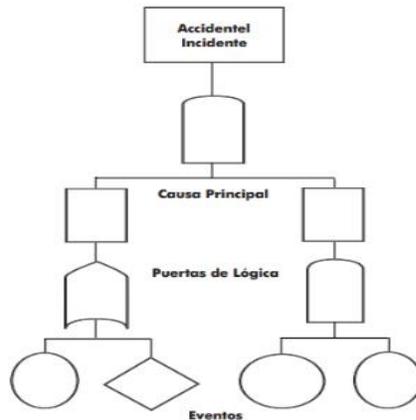
Árbol de causas

El árbol de causas, también llamado árbol de fallas, es un método de ingeniería de sistemas para representar las combinaciones lógicas de varios estados del sistema y causas posibles que pueden contribuir a un evento especificado (Martínez, 2002)

Es una herramienta bastante útil para el análisis de causas de una anomalía. El árbol de causas es una herramienta moderna la cual irá buscando con un manejo de cinco niveles de preguntas para ir profundizando para la causa del problema y se pueda tener mayor visión y amplitud para poder tener la verdadera causa.

Es por esta razón que se aplicará esta herramienta, para tener las causas específicas del problema y poder atacar de la causa raíz y eliminar los reprocesos. A través de la pregunta “¿Cómo es posible que esto suceda?”. Cuando se puede contestar esta pregunta, se podrá identificar las causas principales y cómo interactúan para producir un evento no deseado.

Figura 1: Árbol de causas



Fuente: Web ASQ ORG

Para profundizar y llegar a la causa raíz se usará la herramienta de “Árbol de fallas”, la cual será complementada con la herramienta “5W 1H” para logrará pasa de un nivel a otro del árbol de fallas.

“5W y 1H”/ “Cinco por qué y un cómo”

Con la siguiente herramienta “5W y 1H” se busca complementar el desarrollo y análisis del “Árbol de fallas”, a través de su metodología de preguntas puntuales, en seis aspectos se busca filtrar razones de Qué, Quién, Por qué, Dónde, Cuándo, Cómo. Así profundizar un poco más en cada nivel y encontrar el problema (Kato & Smalley, 2011).

El primer porqué “¿Por qué se hace esto?”, tiene como objetivo encontrar el propósito, resultado o razón; la segunda pregunta apunta a saber si sólo esa persona puede hacer esa actividad y encontrar la razón de porqué lo ejecuta esa persona. Las preguntas “¿Qué se hace?” y “¿Con qué se hace?” Ayuda a entender la importancia de la actividad y el material, máquina o herramienta que sean necesarias. “¿Dónde?”, puede aplicarse para hallar desde el lugar en general hasta la posición y trayectoria, lo cual lleva a la pregunta ¿tiene que hacerse ahí?, lo cual puede generar nuevas opciones de ubicación. “¿Cuándo?”, sirve para saber la hora, momento o secuencia en la que se encuentra la actividad. Finalmente, la pregunta “¿Cómo?” engloba el método o procedimiento para cumplir la actividad.

Matriz de Leopold

Esta herramienta es una matriz interactiva que en sí no es un método de evaluación ambiental, sino más bien el establecimiento de una serie de relaciones causa - efecto que, además, se puede utilizar como un método resumido para la expresión y comunicación de resultados cuantitativos (López, 2013). La matriz recoge una lista acciones / propuestas, y elementos que pueden ser ambientales, sociales, administrativos, etc.

Análisis Costo Beneficio

Este análisis es una herramienta que mide los costos asociados entre el costo y el beneficio de un proyecto. También es conocida como rentabilidad neta porque se obtiene de dividir el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos de inversión de un proyecto (de Rus, 2008).

Descripción resumida del proceso

Esta descripción será del proceso constructivo de un elemento vertical de concreto armado, que servirá para mejor entendimiento del tema a tratar. Para el proceso de producción de estos elementos se ha seleccionado y adaptado el orden de los procesos más importantes y generales.

Primero, se realiza la limpieza del terreno y se procede al trazo para señalar en campo las dimensiones que tendrá la base de los elementos, ya sea columna o placa.

Segundo, se realiza el armado de la estructura de acero, que viene a ser el esqueleto interno del elemento.

Tercero, se procede a preparar un “molde” llamado encofrado, en este caso es formado con paneles fenólicos que son como unas planchas de madera prensada, luego este molde es fijado con soportes metálicos, llamados puntales, los cuales son puestos de manera diagonal contra el piso, como se muestra en la figura 2.

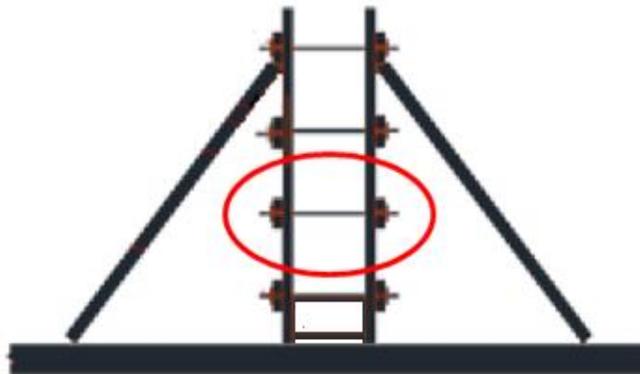
Figura 2: Fotografía del encofrado de una placa



Fotografía tomada en obra

Para el caso de las placas, adicionalmente se refuerza con un una varilla llamada espárrago que funciona como prensa, este armado consiste en una varilla gruesa metálica que traspasa la placa por dos caras opuestas. Una vez pasada la varilla, se ajusta con una especie de pernos a los extremos para que de ajuste y soporte al momento de recibir la mezcla lo cual permite que resulten esbeltas y alineadas como se muestra en la figura 3.

Figura 3: Fotografía de una placa

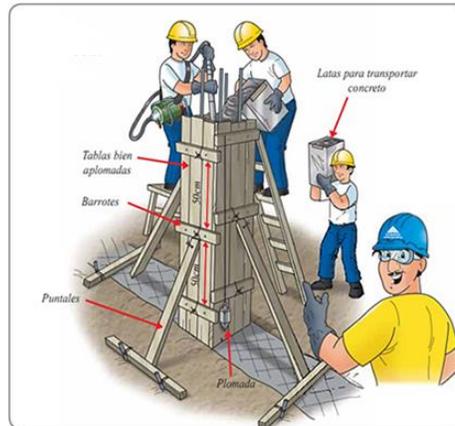


Fuente: Elaboración propia

Cuarto, una vez que ha llegado a obra el concreto premezclado, el encargado de la recepción del concreto realiza la prueba del “Cono de Abrams” (Ver Anexo 1), para una verificación interna de obra que corresponde al Reglamento Nacional de Edificaciones⁶, luego se procede al proceso de vaciado, que en este caso consiste en la colocación de la mezcla (la trae lista el proveedor) que es el llenado del encofrado y está a cargo de la constructora.

⁶ Reglamento Nacional de Edificaciones: Reglamento dictado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.

Figura 4: Vaciado de la mezcla para una columna



Fuente: Web Aceros Arequipa

En la figura 4 se puede observar un obrero realizando el vaciado de mezcla para una columna, otro obrero ayuda con la actividad de vibrado mientras un tercero supervisa.

Para el proceso de vaciado no se analizará el tema técnico de la mezcla de concreto, estudios de resistencia y otros netamente vinculados, ya que los insumos, preparación y transporte de la mezcla hasta la obra está cargo de la empresa concretera. Se cuenta con la evidencia de cumplimiento de calidad y muestras de laboratorio de mezcla óptima. Además, se parte del hecho que se tiene una mezcla aprobada y certificada por el proveedor “UNICON”⁷, que cumple con las normas y reglamentos exigidos por las entidades reguladoras de la construcción en el Perú y evaluación de materiales establecido por la ASTM⁸. (Ver Anexo 2 y 3)

“UNICON garantiza la calidad del concreto y su suministro en estado fresco a pie de obra” (UNICON, 2017)

El proveedor en mención garantiza la calidad del concreto que produce y vende a las obras, pero con claras condiciones de cumplimiento para hacer efectiva esta garantía, en la que prohíbe añadir de agua sin la coordinación y/o supervisión de la empresa concretera.

En la obra en estudio se tiene pruebas que sí se cumplen las condiciones para que sea efectiva esta garantía.

⁷ UNICON, Unión de Concreteras. Empresa líder en el mercado peruano con más de 50 años de experiencia en la producción de concreto premezclado.

⁸ ASTM: Son las siglas en inglés de “American Society for Testing and Materials”, es una organización internacional que desarrolla, establece y difunde normas para materiales, productos, sistemas y servicios.

Quinto, luego de un día se procede a desencofrar, es decir “quitar el molde” y todas sus piezas de ajuste, para pasar por una revisión. Después de desencofrar. El acabado esperado es tipo “caravista” (Figura 8), esto significa que los elementos tengan una superficie lisa, lista para solaquear⁹ (aplicación de mezcla de concreto y arena fina para luego pasar al procesos de pintar).

Se puede observar en la fotografía al lado izquierdo un terminado tipo “caravista” y al lado derecho de la fotografía el elemento ya con el siguiente paso que es el solaqueado.

Figura 5: Fotografía tomada en obra a un acabado “caravista”



Fotografía tomada en obra

Después del encofrado se mencionó la revisión de los elementos, éstos pueden presentar diferentes tipos de errores en la superficie y para esto el ACI¹⁰ presenta una Norma que hace el estudio exclusivo de estos problemas que se presentan en los elementos de concreto, éstos son varios pero para esta investigación se van a mencionar y explicar los tipos que surgieron en esta obra.

Tipos de no conformidades de calidad

Las no conformidades de calidad que se presentan en elementos de concreto pueden ser varios y entre los principales son: cangrejeras, desalineamiento de los elementos, vacíos, segregaciones, panceos o sobrantes tipo rebabas. Los cuales no son acabados al nivel tipo caravista que es el que el cliente requiere.

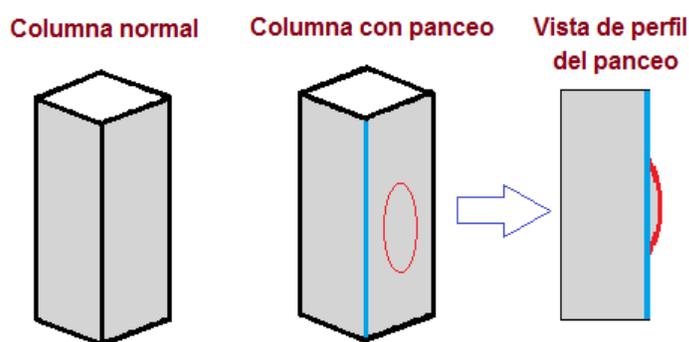
⁹ Solaquear, Acción del trabajo para el solaqueo (tipo de acabado con empastado superficial).

¹⁰ ACI, (*American Concrete Institute*) Instituto Americano de Concreto, institución que publica normas y recomendaciones técnicas con referencia al concreto reforzado.

Panceo

Se ha hecho una investigación de este término, la palabra panceo no está registrada en el diccionario de la RAE¹¹. Este es un término que suele usarse para indicar cuando una zona está arqueada en los trabajos de soldadura, carpintería metálica y herrería. En construcción, se suele confundir con la palabra pandeo¹² y aunque ambas son usadas en el campo de la construcción, son totalmente diferentes. Se usa también en el campo de la construcción para nombrar al abultamiento de los elementos (placas y columnas).

Figura 6: Representación gráfica del panceo



Elaboración propia

En la figura uno se muestra dos columnas, la primera es la representación de una columna normal, la segunda una columna con panceo que se indica con un marcado de color rojo; esta misma columna también se presenta con la vista de perfil para mostrar el abultamiento.

Segregaciones:

Las segregaciones son fallas por exceso de vibrado, porque la mezcla sea deficiente en componentes o por “sedimentación” de la mezcla, esto ocurre cuando la mezcla espera sin movimiento en el mixer¹³ y no pueden vaciar hasta que les den el visto bueno a los procesos previos como instalación y armado del acero.

¹¹ RAE: Real Academia Española. Institución que se dedica al estudio y regularización de la lengua española mediante la promulgación de normas para fomentar unidad idiomática entre el mundo hispanohablante.

¹² Pandeo: Flexión de una viga, provocada por una compresión lateral (RAE, 2015).

¹³ *Mixer*: transporte que lleva incorporado una mezcladora de concreto en la parte trasera de la cabina de manejo.

En la fotografía de la figura 7 se puede observar una segregación en la base de la columna. La presencia de excesiva porosidad es detectada a la vista por lo que no es aceptado con los criterios de calidad y tolerancias de la norma del ACI.

Figura 7: Fotografía de una segregación

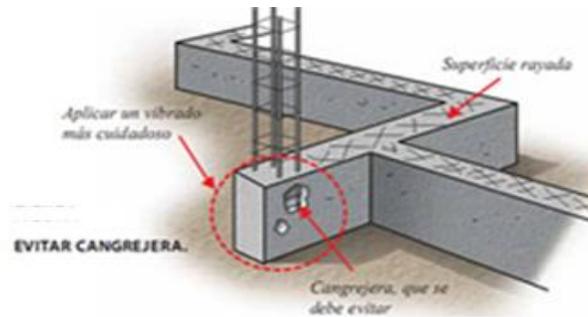


Fuente: ACI, 1998

Cangrejas

Son vacíos causados por obstrucción de la mezcla de concreto con elementos internos como el acero mal distribuido o falta de vibrado.

Figura 8: Ilustración de una cangrejera



Fuente: Web Aceros Arequipa

Normativa

Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

El RNE es la norma técnica rectora en el territorio nacional que establece los derechos y responsabilidades de los actores que intervienen en el proceso de edificación con el fin de asegurar su calidad.

El Reglamento Nacional de edificaciones tiene por objetivo normar los criterios y requisitos mínimos para el Diseño y ejecución de las Habilitaciones Urbanas y las Edificaciones para permitir una mejor ejecución de los Planes Urbanos (RNE, 2006).

“Artículo 2.- El Reglamento Nacional de Edificaciones es de aplicación obligatoria para quienes desarrollen procesos de habilitación urbana y edificación en el ámbito nacional, cuyo resultado es de carácter permanente, público o privado.” (RNE, 2006)

Norma Técnica de Edificación NTE E.060

De acuerdo a la Norma Técnica de Edificación NTE E.060 CONCRETO ARMADO publicada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento bajo Decreto Supremo 010-2009-VIVIENDA del 08 de Mayo del 2009 (SENCICO, 2017), establece respecto a Proyectos, ejecución e inspección de la Obra como uno de los requisitos generales que todas las etapas del proyecto estructural, construcción, supervisión e inspección de la obra deben ser realizadas por personal profesional y técnico calificado. Asimismo, decreta que la supervisión tiene el derecho y la obligación de hacer cumplir la Norma en mención, los planos y las especificaciones técnicas.

Los registros de supervisión deben incluir como mínimo:

“(a) Calidad y dosificación de los materiales del concreto y la resistencia del concreto.

(b) Colocación y remoción de encofrado y apuntalamientos.

(c) Colocación del refuerzo y anclajes.

(d) Mezclado, ubicación de las tandas de concreto en la estructura y procedimientos de colocación y curado del concreto.

(e) Secuencia de montaje y conexión de elementos prefabricados. [...]”.

Norma GE.030: Calidad de la construcción

La norma GE.030 está dedicada a la calidad en la construcción, dicha norma tiene por objetivo orientar la aplicación de la gestión de calidad en todas las etapas de la ejecución de una construcción. Busca proteger los intereses de los constructores, clientes y usuarios a través del cumplimiento de requisitos de calidad establecidos en la documentación de los proyectos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2015).

Buenas prácticas en la construcción

La municipalidad de Miraflores emitió el año la Resolución Gerencial N° 176-2015-GAC/MM 2015 en el que aprueba el programa de Certificación de Buenas Prácticas en la ejecución de obras de construcción, como parte de este programa publicó un documento de las Buenas Prácticas en la construcción, invitando a la comunidad a formar parte de este programa y practicar estos lineamientos fomentando una cultura de desarrollo en la construcción. Este documento se basó en la Norma GE.030 del Reglamento Nacional de edificaciones (Municipalidad de Miraflores, 2017)

ISO 9001:2015

La norma Internacional ISO 9001 referente a Calidad brinda lineamientos muy útiles para la adopción de un sistema de gestión de la calidad, sin pretender la uniformidad de dicha gestión, presenta documentación que fácilmente puede ser adoptada por cualquier organización o actividad orientada a la producción de bienes o servicios porque emplea un enfoque a procesos. En esta versión da enfoque al ciclo de Shewhart: Planificar - Hacer - Verificar - Actuar (PHVA) el cual permite que la organización pueda asegurarse que sus procesos, cuente con los recursos y pueda gestionarse adecuadamente, encontrando oportunidades de mejora para poder actuar sobre ellas.

Asimismo, en esta versión se incluye el pensamiento basado en riesgos que permite a una organización determinar los factores que podrían causar que sus procesos y su sistema de gestión de calidad se desvíen de los resultados planificados, para esto es necesario poner en marcha controles preventivos para mitigar los efectos negativos y

lograr maximizar, a medida que surjan, las oportunidades (Incontec Internacional, 2017)

Sistema de Gestión de Calidad

Contar con un modelo de calidad de referencia permite a la organización desplegar cada aspecto en sistemas de trabajo, que se pueden medir controlar y mejorar.

Dentro el Sistema de Gestión de Calidad se debe:

- Comprender a la organización y su contexto
- Determinar las cuestiones externas e internas, realizar seguimiento y revisión a su información
- Determinar su alcance y revisión de las partes interesadas
- Establecer una política que permita implementar y mantener los objetivos el compromiso de cumplir los requisitos y la mejora continua. Es importante que esta política se comunique y se encuentre disponible para todas las partes interesadas pertinentes.
- Respecto a la planificación, la organización debe planificar las acciones para abordar riesgos y oportunidades para poder implementar en los procesos del Sistema de Gestión de Calidad y evaluar la eficacia de estas acciones.
- Respecto a los recursos, considerar las personas, infraestructura y el ambiente para las operaciones.
- Dentro de operaciones, ver el control de las salidas no conformes para que los productos y servicios que no se ajusten a los requisitos sean identificados y se evite su uso o entrega.
- La evaluación del desempeño, debe realizar un análisis y evaluación para determinar la conformidad de productos y servicios, evaluar el grado de satisfacción del cliente, cumplimiento de lo implementado y desempeño de los procesos.

Capítulo 2 Situación inicial

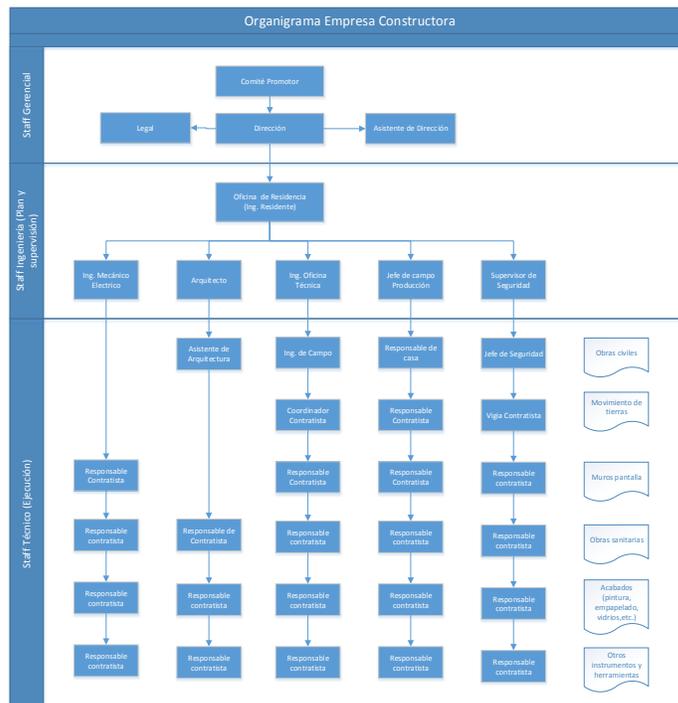
El presente estudio se realiza a una empresa constructora que ejecuta edificaciones para sector vivienda y siempre trabaja en la modalidad de proyectos, por esta razón se tomará el caso de un proyecto de esta empresa para encontrar el problema, buscar sus causas raíz y proponer una solución, aplicable a cualquiera de sus proyectos ya que la empresa los ejecuta bajo el mismo método.

El proyecto es una edificación de veintidós pisos con piso típico (todos los pisos tienen la misma configuración y distribución). Como situación actual se tomó los nueve primeros pisos de la edificación que son los que se encontraron en curso de elaboración al momento del estudio.

Organigrama de la empresa en obra

La estructura organizacional de la empresa en sus proyectos es la siguiente:

Figura 9: Organigrama de la empresa



Fuente: La empresa

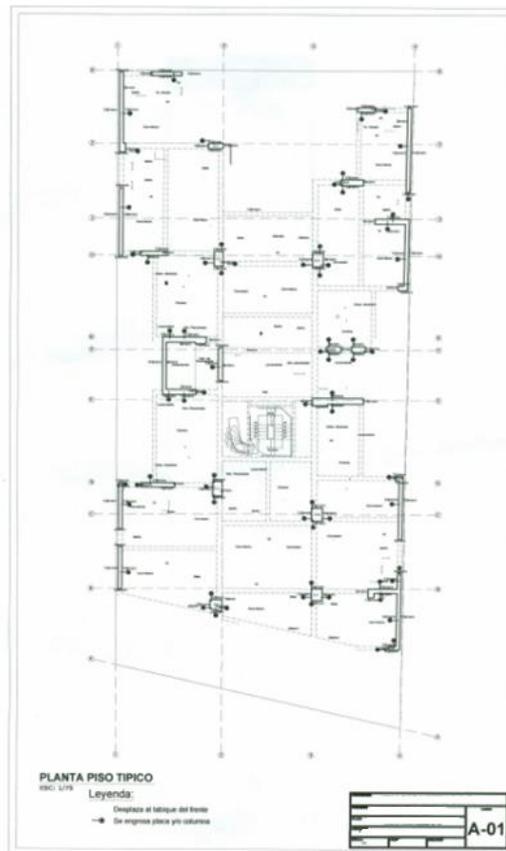
Se puede observar que los altos mandos dentro la organización (“staff gerencial” y “staff de ingeniería”) tiene un orden y jerarquía mientras que en el staff técnico de ejecución no; en este nivel se encuentran mezclados responsables de casa (de la propia empresa) con responsables de las contratistas (terceros) de partidas¹⁴.

Para tener idea del espacio y ambiente de trabajo se presenta el plano de la obra¹⁵.

Layout de la obra

A continuación se muestra la distribución y disposición del área, a modo de *layout* se presenta el plano de la planta de piso típico de la edificación:

Figura 10: Plano con vista de planta de un piso típico.



Fuente: La empresa

¹⁴ Partida: Conjunto de personas de ciertos trabajos y oficios. (RAE 2017)

¹⁵ Obra: Edificio en construcción. (RAE 2017)

El piso de la obra cuenta con 23 elementos verticales entre placas y columnas (Ver Anexo 4) y 60 elementos horizontales entre vigas y losas. En la siguiente tabla se resume la cantidad de elementos de la obra.

Tabla 1: Número de elementos de la obra por piso

Número de elementos de la obra			
Elementos de la obra	Por piso	Del piso 1 al 9	Del piso 1 al 22
Elementos verticales (placas y columnas)	23	207	506
Elementos horizontales (vigas y losas)	60	540	1320
Otros elementos	2	18	44
Total de elementos	85	765	1870

Elaboración propia

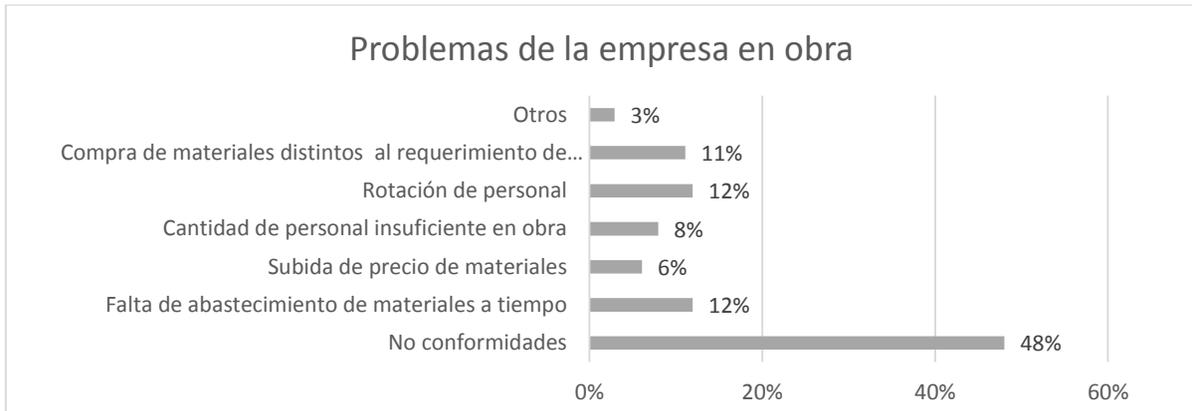
Fuente: Datos de la obra

La obra tiene 765 elementos del piso 1 al 9 y un total de 1870 elementos de todos los pisos (1 al 22). Es importante el conocer la existencia de estos elementos porque a continuación se presenta los problemas de la empresa en la obra, entre los que estos elementos tienen relevancia.

Problemas de la empresa en la obra

La empresa constructora presentaba varios problemas en obra como: alto porcentaje de no conformidades, falta de abastecimiento de materiales a tiempo, subida de precio de materiales, cantidad de personal insuficiente, alta rotación de personal, compra de materiales distintos al requerimiento de calidad y otros. La siguiente gráfica proviene del número de reportes de problemas emitido por cada área de la empresa en obra.

Cuadro 3: Porcentaje de los problemas de la empresa en obra



Elaboración propia

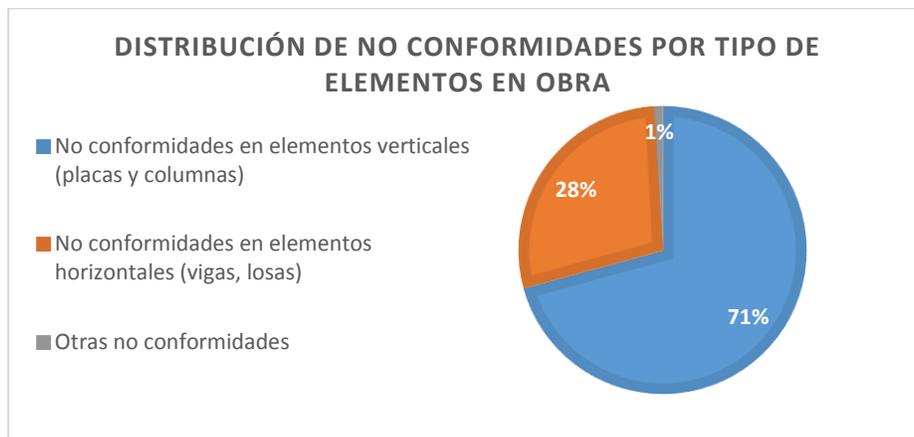
Fuente: Datos de la obra

De esos problemas el mayor porcentaje se situó en las no conformidades con 48% por ello se pasó a revisar de qué estaba compuesta las no conformidades en obra.

Distribución de no conformidades en obra

Dentro de estas no conformidades se identificó los siguientes grupos: no conformidades en elementos verticales (placas y columnas) con 71%, en elementos horizontales (vigas y losas) 28% y en otras se hallan 1% que son no conformidades en escaleras, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias.

Cuadro 4: Distribución de no conformidades por tipo de elementos en obra



Elaboración propia

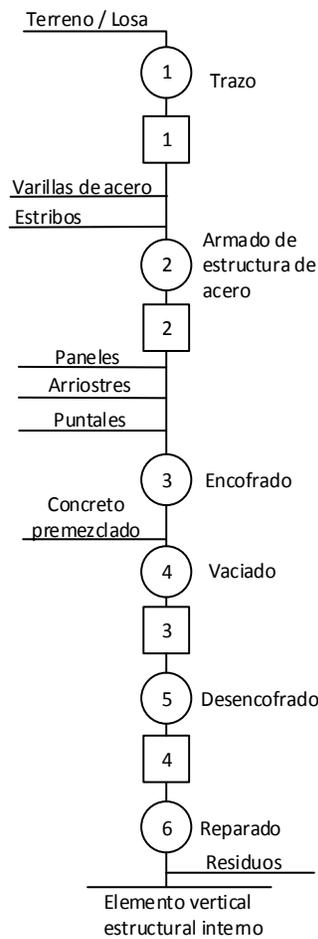
Fuente: Datos de la obra

De esta información se tiene que las no conformidades en elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) son las que mayor porcentaje (71%) representan de los problemas de obra por ello se decide tomarlas para el presente estudio.

Ya identificado que el mayor porcentaje de no conformidades se encuentra en los elementos verticales se pasó a revisar la sucesión de operaciones para la elaboración de los elementos verticales, utilizando la herramienta DOP.

En la gráfica del DOP se expone la elaboración de elementos verticales, en su inicio se tiene como componente principal “Terreno / Losa” porque en caso se construye sobre suelo se tiene como componente principal el terreno; para este caso es el componente la losa del primer piso porque como ya se ha mencionado al inicio del capítulo, el estudio abarca el estudio del primer al noveno piso.

Figura 11: DOP Proceso de elaboración de elementos verticales



Elaboración propia

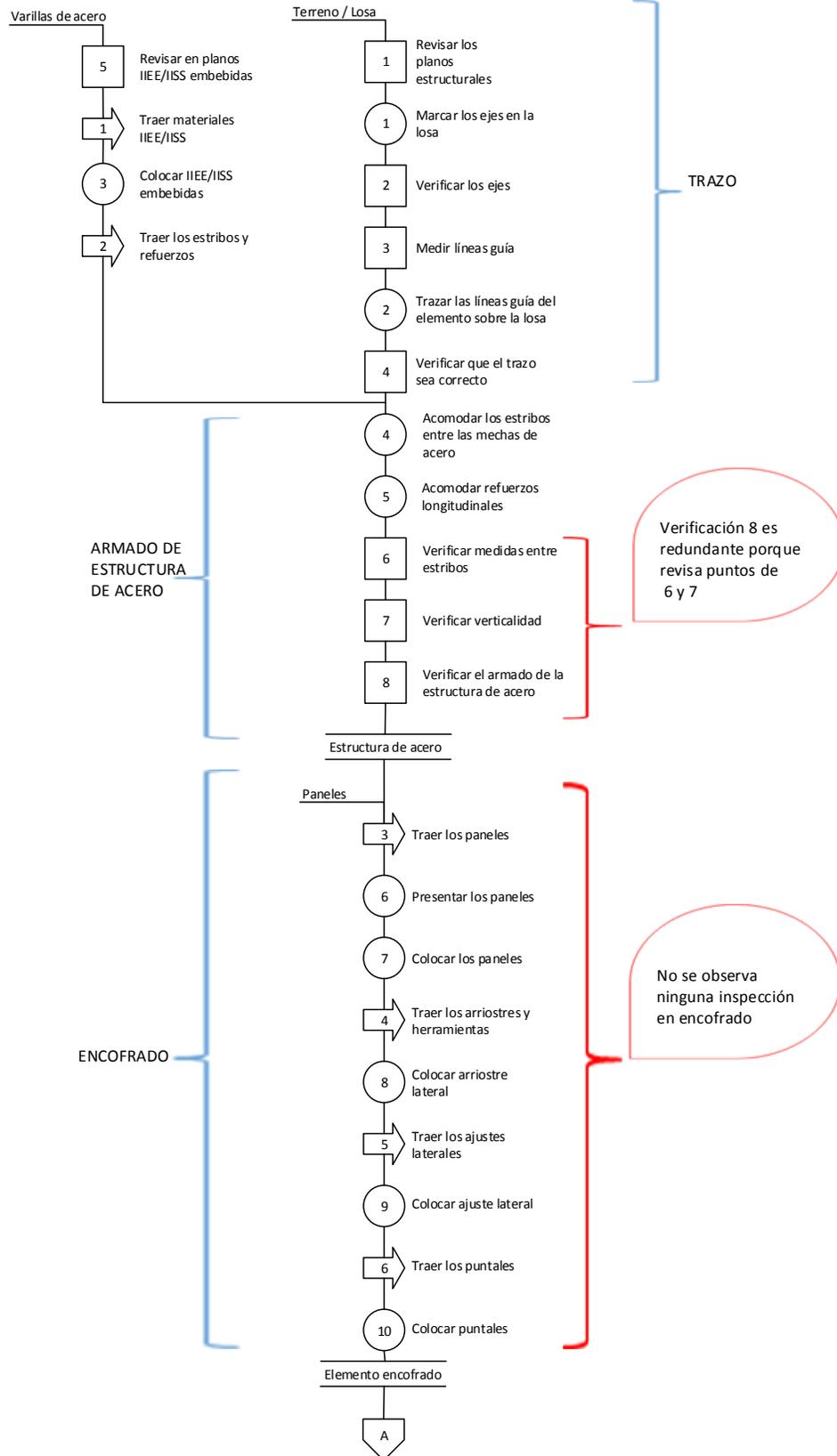
Fuente: Datos de la obra

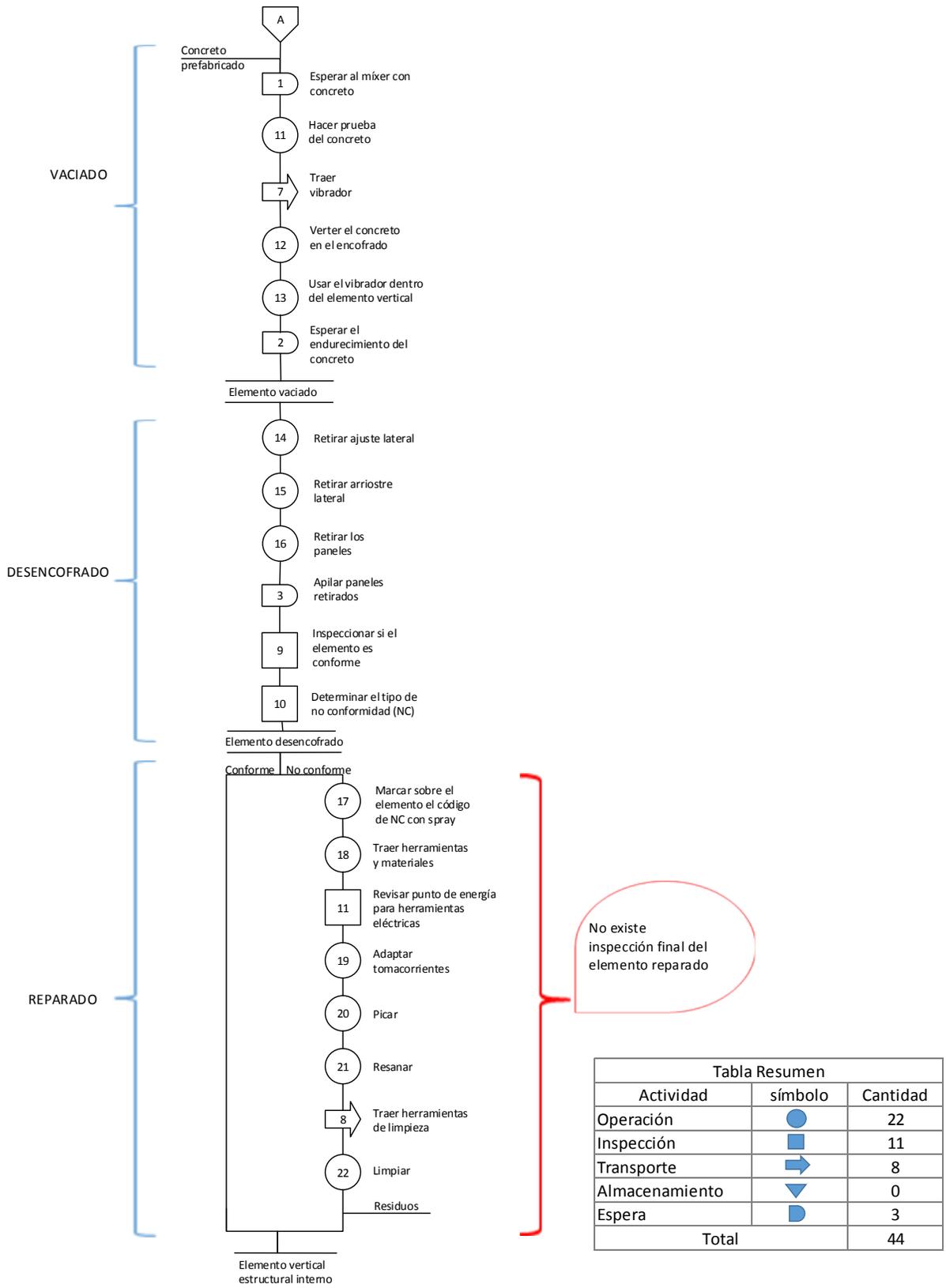
DAP del proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos

Tanto para placas como para columnas el proceso de elaboración de los elementos verticales estructurales internos es similar, con la única diferencia que las estructuras y encofrados de las placas tienen mayor ancho. Este proceso de elaboración está marcado por cinco procesos: Trazo, Armado de estructura de acero, Encofrado, Vaciado, Desencofrado y Reparar, este último es debido a que las no conformidades tienen que ser reparadas para dar conformidad de cada elemento y continuar con procesos posteriores como pintura y empapelado.

En la siguiente imagen se muestra el DAP para la elaboración de Elementos verticales estructurales internos:

Figura 12: DAP elaboración de Elementos verticales estructurales internos - modelo 1





Elaboración propia, Fuente: Datos de la obra

Cuadro 5: DAP elaboración de Elementos verticales estructurales internos modelo 2

Diagrama analítico del proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos														
Actual	X	Propuesto		Operario	X	Material		Maquinaria						
Diagrama N°	001	PÁGINA	1 de 1	Resumen										
Objeto:				Actividad	Símbolo	Actual	Propuesta	Economía						
Proceso:				Operación	●	22								
Elaboración de Elementos verticales estructurales internos				Inspección	■	11								
Lugar:	Cada piso de la Obra de edificación			Transporte	➔	8								
Operarios				Almacenamiento	▼	0								
Trazadores, Eléctricos, Sanitarios, Operarios y ayudantes				Espera	●	3								
				Distancia (metros)		67m-397m								
				Tiempo (minutos)		2562'-3212'								
Descripción de actividades	●	■	➔	▼	●	Distancia	Tiempo	Observaciones						
Trazo														
Revisar los planos estructurales						-	30'	El trazador revisa par realizar los trazos de acuerdo a los planos						
Marcar los ejes en la losa						2m-10m	40'							
Verificar los ejes						-	20'							
Medir líneas guía						2m-10m	10'	El trazador toma las medidas según los planos						
Trazar las líneas guía del elemento sobre la losa						3m-5m	20'	Estas líneas guía son para colocar los paneles y formar el encofrado del elemento						
Verificar que el trazo sea correcto						-	30'	Esta es una verificación final para dar pase al armado de la estructura de acero						
Armado de estructura de acero														
Revisar en planos IIEE/IISS embebidas						-	35'	En esta revisión falta una medida para asegurar el marcado de los puntos IIEE e IISS						
Traer materiales IIEE/IISS						4m-28m	25'							
Colocar IIEE/IISS embebidas						1m-5m	50'							
Traer los estribos y refuerzos						4m-28m	10'-45'	La distancia varia en función al piso en el que se trabaje porque los estibos se almacenan en el primer piso						
Acomodar los estribos entre las mechas de acero						1m-5m	60'-90'	Los estribos se intertan etre las mechas de las varilas de acero del piso anterior						
Acomodar refuerzos longitudinales						1m-5m	30'-50'							
Verificar medidas entre estribos						-	30'	Estas medidas se contrastan con los planos estructurales						
Verificar verticalidad						-	30'	Se verifica con la herramienta "plomada"						
Verificar el armado de la estructura de acero						1m-5m	30'	Es una revisión del cumplimiento de las actividades anteriores						
Encofrado														
Traer los paneles						4m-28m	30'-50'	El trabajador debe transportar los paneles hasta el lugar de trabajo						
Presentar los paneles						2m-4m	20'-45'	El trabajador debe transportar los paneles hasta el lugar de trabajo						
Colocar los paneles						1m-5m	40'							
Traer los arriostres y herramientas						4m-28m	10'-45'							
Colocar arriostre lateral						1m-5m	20'-35'	El trabajador debe transportar los arriostres hasta el lugar de trabajo**						
Traer los ajustes laterales						4m-28m	10'-45'							
Colocar ajuste lateral						1m-5m	20'-35'	No presenta inspecciones						
Traer los puntales						4m-28m	10'-45'							
Colocar puntales						1m-5m	25'-55'	No presenta inspecciones						
Vaciado														
Esperar al mixer con concreto						-	20'-120'	El tiempo de espera es variable y depende del cumplimiento de hora pactada						
Hacer prueba del concreto						-	15'	La distancia es indiferente para el proceso de elaboración, sólo impacta en el tiempo						
Traer vibrador						4m-28m	10'-20'	Se ubican los trabajadores que traen sus herramientas y el vibrador						
Verter el concreto en el encofrado						-	120'-180'	La distancia para verter se desprecia porque el vaciado lo realizan con bomba y pluma para rapidez						
Usar el vibrador dentro del elemento vertical						-	60'-90'							
Esperar el endurecimiento del concreto						-	1440'	Este es un tiempo técnico que no puede reducirse de acuerdo a los requerimientos y presupuesto de obra						
Desencofrado														
Retirar ajuste lateral						1m-5m	15'							
Retirar el arriostre lateral						1m-5m	30'							
Retirar los paneles						1m-10m	20'							
Apilar paneles retirados						2-4m	15'	Se juntan y colocan en desorden sin ningún criterio, cuidado del agua o zona determinada						
Inspeccionar si el elemento es conforme						2m-15m	20'							
Determinar el tipo de no conformidad (NC)						2m-15m	10'	Sólo se realiza si existe no conformidad en el elemento						
Marcar sobre el elemento el código de NC con spray						1m-10m	5'							
Reparado														
Traer herramientas y materiales						4m-28m	10'-15'							
Revisar punto de energía para herramientas eléctricas						2m-6m	2'							
Adaptar tomacorrientes						2m-6m	15'-20'	Es un tiempo variable que depende de la distancia, punto eléctrico habilitado y disponibilidad de herramienta						
Picar						1m-7m	50'							
Resanar						1m-7m	35'-145'	Se realiza con un operario y ayudante						
Traer herramientas de limpieza						1m-7m	10'-25'							
Limpiar						1m-7m	25'-45'							
Total						22	11	8	0	3	67m-397m	2562'-3212'		

Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

De los DAP antes mostrados se puede observar que la elaboración de los elementos verticales estructurales internos tiene 44 actividades. Entre estas actividades se encuentran: 22 operaciones, 11 inspecciones, 8 transporte, ningún almacenamiento y dos esperas.

Se hicieron dos modelos de DAP, el primero para mostrar de manera fácil y visualmente clara la secuencia de actividades, forma de armado y elaboración de los elementos verticales estructurales internos. El segundo modelo muestra las distancias y tiempos de cada actividad, permite presentar ordenadamente las observaciones.

En el segundo modelo se puede observar al lado izquierdo de la tabla la división de las operaciones constructivas. Cabe indicar que en las columnas distancia y tiempo se indica mínimos y máximos, es porque los mínimos corresponden a la distancia y tiempo tomados para ejecutar la actividad en el primer piso, ésta varía a medida que la obra crece y los pisos aumentan, por ende las distancias y tiempos también aumentan. Las distancias y tiempos máximos corresponden al piso más alto de la situación inicial.

Análisis

A continuación se muestra el análisis de cada proceso:

Trazo

Los trazos fueron realizados por un topógrafo y un trazador. Las distancias indicadas se han tomado en cuenta por sector, cada piso tuvo cuatro sectores de trabajo. Se puede observar que tuvo 6 actividades de las cuales 4 fueron de inspección, esto debido a la importancia de la linealidad, distribución y topografía de espacio en obra enunciada por la Norma Técnica de edificaciones. Este proceso cumple con las inspecciones necesarias indicadas en la norma antes mencionada y no presenta problemas y ni reprocesos.

Armado de estructura de acero

El proceso de armado de la estructura de acero contempló el traslado del material (varillas de acero dobladas), en este caso los trabajadores llevaban desde la estación de “habilitación de acero” que se encuentra en el primer piso hasta el punto de armado de estructura de acero que era el último piso hasta ese momento, donde se elaboraba los elementos verticales estructurales internos.

El armado de la estructura de acero tuvo 3 inspecciones consecutivas, de las que después de analizar se determinó que la última inspección resultó redundante, ya que repite puntos vistos en las dos inspecciones predecesoras (la medida entre los estribos y la verticalidad).

Encofrado

Respecto al proceso de encofrado se pudo observar varias actividades de transporte (“Traer los paneles”, “traer los arriostres y herramientas”, “traer los ajustes laterales”, “traer los puntales”) que fueron cuatro de nueve actividades del proceso, éstos transportes desperdiciaron tiempo y mano de obra.

Se analizó que estos traslados los realizaba el mismo personal (operario y ayudante) que se dedicaba a ejecutar la colocación (actividad contribuyente). El costo por hora de la mano de obra de un operario es superior a la de un ayudante¹⁶ (Ver tabla 2). Era poco eficiente que el operario invierta tiempo ejecutando traslado de material que lo puede hacer una persona con menor cargo, en este caso el ayudante. En este caso se desperdiciaba la mano de obra calificada en trabajos de traslado.

Tabla 2: Tabla de salarios y beneficios sociales construcción civil 2015 a 2016

	OPERARIO	OFICIAL	PEON
REMUNERACIÓN BÁSICA VIGENTE (RB) Jornal (vigente del 01.06.15 al 31.05.16)	58.60	48.50	43.30

Fuente: CONAFOVICER

Se realizó una encuesta al personal de mando medio y bajo para saber las razones que se tenía para no trasladar todo el material necesario para trabajar en el encofrado (conjunto de piezas de arriostres, ajustes paneles y puntales). Las principales razones fueron la falta de espacio, tiempo y ayuda para el traslado. Ante estas razones se analizó la distribución del espacio destinado para ejecutar el proceso de encofrado; se encontró que este espacio estaba desordenado con material esparcido en el piso y falta de organización.

Se vio que subir todos los paneles y puntales a la zona de trabajo para el encofrado del sector puede disminuir considerablemente el espacio si se decide trasladar todo en conjunto y sin un método eficiente. Las medidas de los paneles fueron de 1.5 m por 2 m y los puntales 2 m de largo aproximadamente.

¹⁶ Ayudante: Cargo más básico ejercido por un trabajador en obra. Es una denominación alterna a Peón.

Se tiene como oportunidad de mejora aplicar una distribución de labores para el traslado de material y aprovechar al máximo la mano de obra del operario. Para esto ver la forma de que el operario se dedique el máximo tiempo a ejecutar colocación del encofrado (paneles, arriostres, ajustes laterales y puntales) mientras que el personal con cargo de ayudante pueda facilitar el traslado de material principalmente y luego apoyar con la colocación.

En el caso de los arriostres y ajustes laterales que son piezas de menor dimensión y volumen (0.5 m de largo y 0.10 cm³ respectivamente) que sí se pueden acomodar de manera ordenada cerca del espacio de trabajo y de este modo evitar traslados de más. Se buscó la manera de reducir el traslado de material juntando transporte de: paneles, arriostres, herramientas, ajustes laterales y puntales, la cual se presentará en el siguiente capítulo.

De acuerdo a la normativa “NTE E.060 Concreto Armado”, el proceso de elaboración de los elementos verticales estructurales internos debe contar con supervisión como mínimo de, entre otras actividades, la colocación y remoción de encofrado y apuntalamientos, así como la colocación de refuerzos y anclajes. Tras el análisis del DAP y evidencia en campo se determinó que el proceso de encofrado no contaba con las inspecciones solicitadas por la norma. En vista de que el método empleado no cumple con la supervisión e inspección que debería como mínimo presentar, es importante proponer una solución para esta falencia.

Vaciado

El proceso de vaciado se realizó con concreto premezclado, el cual llega a obra en un mixer que mantiene la mezcla en movimiento para evitar el inicio de su endurecimiento. La primera actividad para el proceso de vaciado es la espera al mixer, se observó que este tiempo puede variar e impide continuar con las actividades, al llegar el mixer a obra se toma un poco la de mezcla para hacer las pruebas de calidad de concreto en obra.

En todos los proyectos de la empresa así como en este se utilizó concreto premezclado lo cual ayudó a prescindir de supervisión e inspección de la calidad de los materiales del concreto que exige la “NTE E.060 Concreto Armado” para la fase de producción, ya que ésta se realiza en la planta de concreto de la empresa subcontratada. Para validar la conformidad del concreto, dicha empresa presentó su certificación de calidad de diseño, fabricación,

comercialización y suministro de concreto premezclado en las plantas fijas a nivel nacional emitido por SGS¹⁷ (Ver Anexo 2).

La distancia es indiferente para el proceso de elaboración ya que se realizó el vaciado con bomba y pluma y manguera que facilitaron el vaciado del concreto hasta el lugar requerido dentro de obra. En este caso el impacto es en el tiempo porque varió de piso a piso la ubicación de los puntos y armado de las herramientas antes mencionadas que fueron brindadas por la empresa concretera.

Respecto al tiempo, la espera se consideró desde la llegada del mixer hasta que se tuvo listas las conexiones para poder verter el concreto; la espera varió de 20 hasta 120 minutos en promedio, la demora se dio por varias razones: que el mixer llegó tarde a obra, que la empresa concretera no cuenta con unidades para abastecerse, espera por no tener listas las instalaciones para el vaciado, etc.

El proceso de vaciado contó con la inspección tanto por la empresa como por la contratista; una vez finalizado el vaciado se tuvo otra espera para el endurecimiento del concreto, este es un tiempo técnico el cual no se puede acelerar y es necesario para que el concreto logre cumplir las especificaciones técnicas y requerimientos según su diseño. Esta espera fue alrededor de 24 horas por ello en el DAP se indica 1440 minutos, tiempo significativo a comparación del tiempo de las otras actividades pero necesario para la elaboración de los elementos. Luego de esta espera se da paso al desencofrado.

Desencofrado

El proceso de desencofrado estuvo a cargo de un operario y un ayudante, inició con el retiro del ajuste lateral, luego pasaron a retirar el arriostre lateral y los paneles para desarmar el encofrado que sirvió de molde para la elaboración de los elementos. En estos puntos el riesgo no estuvo en el retiro de material, sino en la recolección del material, por el desorden se perdía piezas como la de los ajustes laterales y dejó incompletos los juegos de material, los que a veces aparecieron luego al momento de la limpieza de área y los casos que no apareció se procedió a la compra del material para reponer.

Se observó mucho desorden luego de retirar los paneles, éstos en vez de ser apilados fueron tirados uno encima de otro, dañándolos y reduciendo su vida útil. Otro riesgo que esta mala

¹⁷ SGS: Société Générale de Surveillance, empresa que proporciona servicios de inspección, verificación, ensayos y certificación.

práctica produjo es la exposición de los paneles al agua, lo que produjo daño en el material del que están hechos.

Al momento de pasar la inspección de los elementos, la persona encargada determinaba si el elemento era conforme o no, en caso de no ser conforme procedía a clasificar el tipo de no conformidad y marcado del elemento con spray. En esta inspección se encontró la debilidad por la falta de registro de dichas no conformidades. Como oportunidad de mejora se vio posible implementar el registro y elaboración de un consolidado para luego analizar la evolución, hacer el seguimiento que brinde la información necesaria para la toma de decisiones de mejora.

Reparado

El reparado no debería contemplarse como parte del proceso de elaboración para los elementos y verlo más bien como algo esporádico, pero en este caso el porcentaje de no conformidades era tan alto que el reparado se había convertido en parte del proceso de elaboración, esto se evidenció en el levantamiento de data en obra.

Al analizar la data se logró obtener información importante sobre cuánto dinero, tiempo y sobrecosto estaba generando y así ver el impacto negativo que se tuvo como consecuencia. Estos datos se presentan más adelante en este capítulo.

Finalmente también se evidenció la falta de inspección al elemento reparado, se daba por sentado que una vez reparado ya era conforme.

Del análisis general se obtiene que el proceso de elaboración de los elementos verticales estructurales internos cuenta con inspecciones en todas las etapas excepto en la de encofrado. Este proceso no cuenta con inspección, revisión ni mecanismos de control que debería tener como se indica en el Reglamento Nacional de Edificación.

En campo se realizó un levantamiento de data para ver las incidencias, obtener el número y tipo de no conformidades de los elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3: No conformidades encontradas: Panceo, Segregación y Cangrejas

Elemento		Piso								
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Columna	C-1	P		P	S	P	P		P	S
	C-2	P	P		P	P		P	P	P
	C-3	S	P	P		P	P	P	S	P
	C-4		P	P	P	P		S		P
	C-5	P	S	P	P		P	P	S	P
	C-6		P	C		P	S	P	P	
	C-7	P	P	P	P	S	P		P	P
Placa	PL-1		P	P	P	C	P	P		P
	PL-2A	P	C		P	P	P		P	
	PL-2B	P	P	S	P		P	P		P
	PL-3		P		P	P	P		P	S
	PL-4	P		P	P	P	S	P	P	P
	PL-5A	P	P	P	P	P		P	P	S
	PL-5B	P		P	S	P		P	P	P
	PL-6		P	P	P		P	S	P	
	PL-7	P	S	P		P		P	P	P
	PL-8		P	P	P		P	P		S
	PL-9	P		P	S	P		P	P	S
	PL-10	S	P		P	P	P		P	P
	PL-11	P	P	P	P	P		P	S	P
	PL-12	P	P		P	P	P	P	S	P
PL-13		P	P	P	S	P		P	P	
PL-14	P	P	S		P	P	S		P	

Leyenda	
P	Panceo
S	Segregación
C	Cangrejas

Panceo	Porcentaje de elementos con Panceo
134	83%

Segregación	Porcentaje de elementos con Segregación
25	15%

Cangrejera	Porcentaje de elementos con Cangrejera
3	2%

Total de elementos con no conformidad	Porcentaje de elementos con no conformidad en elementos verticales
162	78%

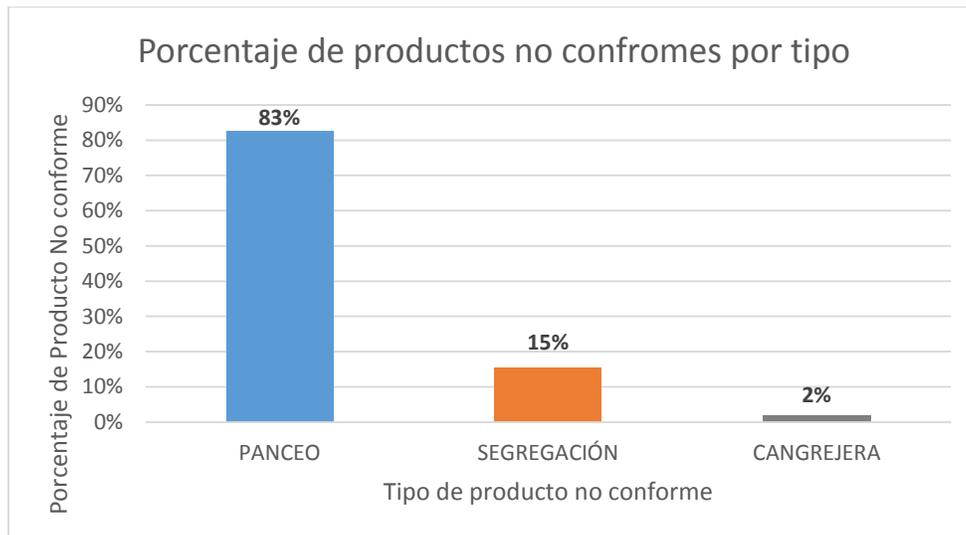
Total de elementos con no conformidad	Porcentaje de elementos verticales no conformes del total de No conformidades
162	71%

Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

En la tabla anterior se puede observar la ocurrencia del tipo de no conformidades en los elementos verticales (placas y columnas) con una codificación designada por la empresa, se tiene por ejemplo “C-1” que representa a la columna 1 y “PL-1” a la placa 1; en las placas hay dos casos que se asignó una letra al final de la codificación, por ejemplo “PL-2A” y “PL-2B” por similitud de diseño pero cabe resaltar que son productos diferentes que cuentan como elementos independientes. En el lado derecho de la tabla se encuentran los tipos de no conformidades halladas por piso con la letra “P” para Panceo, “S” para Segregación y “C” para Cangrejas.

Cuadro 6: Porcentaje de productos no conformes por tipo de no conformidad

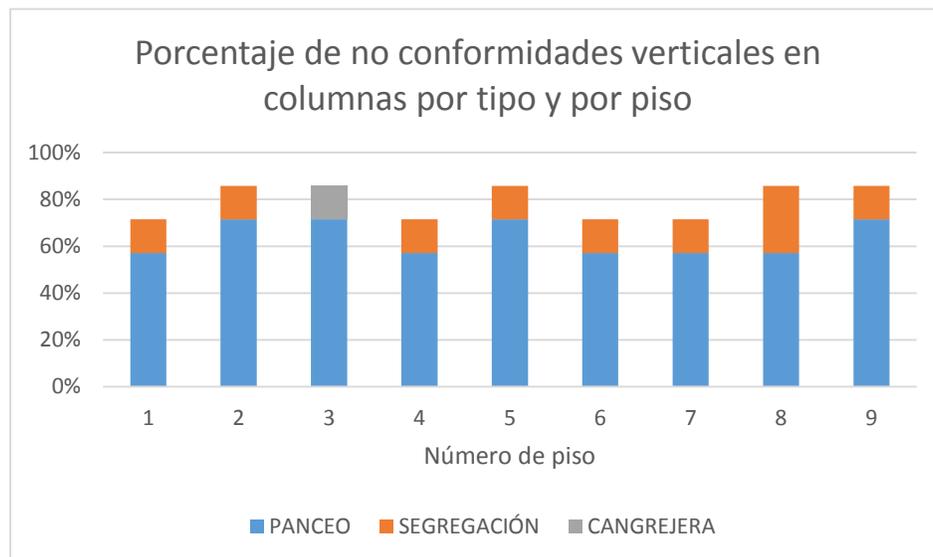


Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

Del gráfico y tabla anterior podemos observar que Panceo tiene un 83%, Segregaciones 15% y las Cangrejeras 2%. A continuación se muestra el comportamiento y la evolución de las no conformidades por tipo y por piso en columnas y placas respectivamente.

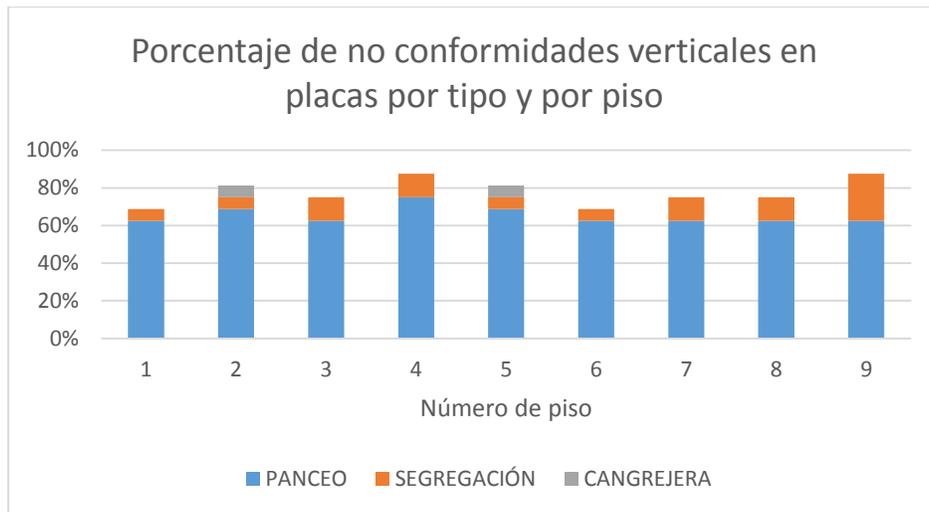
Cuadro 7: Porcentaje de no conformidades en columnas según tipo por piso



Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

Cuadro 8: Porcentaje de no conformidades en placas según tipo por piso



Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

En la siguiente tabla se muestra los porcentajes de elementos no conformes por tipo de elemento, por tipo del total de elementos no conformes y el porcentaje de no conformidades del total de elementos.

Tabla 4: Número de elementos por tipo con sus respectivos porcentajes de no conformidad

	Elementos			
	Verticales	Horizontales	Otros	
Columnas/ vigas/ escaleras	63	351	9	
Placas/ losas/ pisos (IIEE, IISS)	144	189	9	
Total de elementos	207	540	18	765
No conforme	162	65	2	229
% de NC de cada tipo de elemento	78%	12%	11%	
% de NC por tipo del total de elementos NC	71%	28%	1%	100%
% de NC del total de elementos	21%	8%	0.3%	30%

Elaboración propia

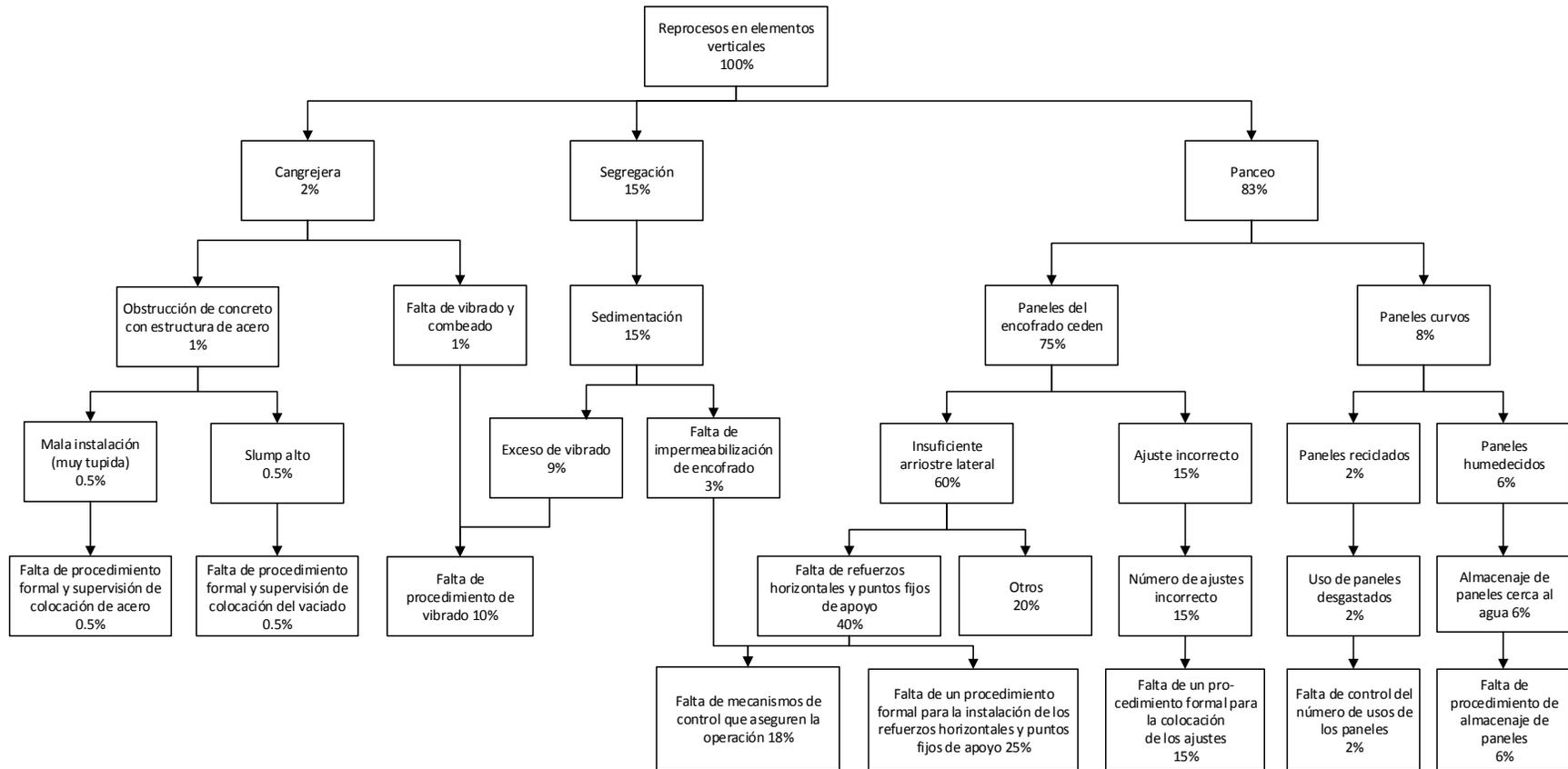
Fuente: Datos de la obra

Como se mencionó el alto porcentaje de no conformidades en los elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) demandó que estas sean reparadas para lograr la calidad requerida.

Árbol de causas

Para el análisis de los reprocesos en los elementos verticales internos se utilizó el árbol de causas:

Figura 13: Árbol de causas de las no conformidades



Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

Al realizar el análisis de los reprocesos en los elementos verticales internos obtuvo la siguiente información:

El estudio se centró en analizar a la no conformidad por “Panceo” por tener el mayor porcentaje (83%) de incidencia.

Para el análisis de las no conformidades debido a panceo se pasó a investigar cada una de las causas, la forma como se hallaron fue a través de la revisión en el momento antes de desencofrar, se empadronó a cada elemento usando sus códigos de placa o columna, según correspondía, de lo cual se obtuvo la siguiente información:

Los panceos fueron a causa de los paneles curvos (Ver Anexo 5) en un 8% y porque 75% los paneles del encofrado que cedieron (Ver Anexo 6); de éstos, en 15% los ajustes laterales (Ver Anexo 7) y su número eran incorrectos además el 60% los arriostres laterales resultaron insuficientes comparados con los que se contemplaron en su diseño (Ver Anexo 8).

De los arriostres insuficientes, 40% fueron a causa de falta de refuerzos horizontales y puntos fijos (Ver Anexo 9) y 20% por otras razones menores. La falta de esfuerzos horizontales y puntos fijos de apoyo se dieron a causa de que no existía un procedimiento formal ni mecanismos de control que aseguren la operación dentro del método de construcción utilizado para el encofrado, esto quiere decir que en 25% se encontró refuerzos mal colocados y otro 15% de casos era porque no se habían colocado ningún tipo de refuerzo horizontal ni punto fijo de apoyo (Ver Figura 14).

Figura 14: Evidencia de falta refuerzos horizontales y puntos fijos



Fotografías tomadas en obra

Impacto

El impacto negativo de los reprocesos por las no conformidades en los elementos produce efecto directo en tres factores importantes el económico, el tiempo y la mano de obra.

Adicionalmente el costo de la penalidad y pérdida de buena imagen con el cliente hubieran perjudicado a la empresa constructora en el caso que el tiempo de ejecución de obra excediese al planificado.

A continuación se muestra cada una de las componentes del impacto de las no conformidades y reprocesos en obra.

Económico

Para obtener el impacto económico primero se halló el costo de reparación registrado luego el costo proyectado (si no se realiza ningún cambio o mejora), estos sumados dieron el impacto económico.

Costo de reparación

Para el análisis del impacto económico, primero se analizó el costo de reparación unitario y luego la cantidad de los elementos por tipo de no conformidad. En las siguientes tablas se puede apreciar los costos del reprocesos de las no conformidades que se presentaron en obra. Se detalla mano de obra, tiempos necesarios para reparar cada tipo de no conformidad y costo del material.

Tabla 5: Costos de reprocesos por Panceo

COSTO DE REPARACIÓN – PANCEO					
	Recurso	Tiempo (hora)	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Parcial
Identificación	Se omite este costo pues la revisión es permanente a lo largo de la obra, existan no conformidades o no.				
Picado	Operario	2	1	S/. 17.00	S/. 34.00
	Martillo	2	1	S/. 8.33	S/. 16.67
Resanado	Operario	1	1	S/. 17.00	S/. 17.00
	Albañil				
	Ayudante	0.5	1	S/. 14.00	S/. 7.00
Limpieza/eliminación	Materiales		1	S/. 15.00	S/. 15.00
	Ayudante	0.5	1	S/. 14.00	S/. 7.00
TOTAL		4	Horas		S/. 96.67

Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

Se omitió la identificación en el análisis del costo de reparación pues la revisión se dio de manera permanente en obra para el proceso de desencofrado, existan o no fallas, por tanto no fue considerado como punto de comparación de costos en reparación.

En esta obra la reparación de las segregaciones y cangrejeras se realizaba de manera similar (uso de materiales y mano de obra) por ello se realizó la tabla 6 que aplica a ambas no conformidades.

Tabla 6: Costos de reprocesos por Segregación / Cangrejera

COSTO DE REPARACIÓN - SEGREGACIÓN / CANGREJERA					
	Recurso	Tiempo (hora)	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Parcial
Identificación	Se omite este costo pues la revisión es permanente a lo largo de la obra, existan no conformidades o no.				
Picado	Operario	1	1	S/. 17.00	S/. 17.00
	Martillo	1	1	S/. 8.33	S/. 8.33
Resanado	Operario	2.5	1	S/. 17.00	S/. 42.50
	Albañil			S/. 14.00	S/. 7.00
	Ayudante	0.5	1	S/. 14.00	S/. 7.00
Limpieza/eliminación	Materiales		1	S/. 40.00	S/. 40.00
	Ayudante	0.5	1	S/. 14.00	S/. 7.00
TOTAL		4.5	horas		S/. 121.83

Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

El costo de reparación de panceo ascendió a S/ 96.67 soles, mientras que el costo de reparación de segregaciones y cangrejeras ascendió a S/ 121.83 soles.

Cabe señalar que si bien el costo de reparación de segregaciones y cangrejeras es más alto que el de panceo, el número de existencias de no conformidades debido a panceo es mucho mayor, por lo que el resultado de multiplicar el costo de reparación por el número de existencias (134) representa más de cuatro veces el valor del costo de reparación de segregación.

Tabla 7: Costo de reparación registrado

	Impacto económico		
	Costo de reparación	Número de existencias	Costo total
Panceo	S/ 96.67	134	S/ 12,953.78
Segregación	S/ 121.83	25	S/ 3,045.75
Cangrejeras	S/ 121.83	3	S/ 365.49
Costo total de reparación			S/ 16,365.02

Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

El costo registrado de reparación en la situación previa a la implementación fue de S/ 16,365.02. Para ver el monto que se hubiera utilizado en la reparación de las no conformidades si no se hubiera implementado ningún cambio ni mejora se realizó un costo proyectado.

Para obtener el costo proyectado de no conformidades se debía tener primero la proporción de aparición de fallas (no conformidades) de los pisos de la situación inicial y con estas razones proyectar la cantidad para los siguientes pisos (10 al 22) y así obtener también el costo proyectado.

Costo proyectado (sin implementación)

Se usó el perfil de no conformidades del piso 1 al 9 (situación inicial: antes de la implementación) para poder proyectar cuántas no conformidades serían las que se hubieran presentado si no se implementaba la propuesta.

En la siguiente tabla se muestra la razón que presenta los panceos, cangrejeras y segregaciones del piso 1 al piso 9, se obtuvo una relación de 0.80 para panceo y 0.20 para segregación y cangrejeras en columnas; mientras que en placas se presenta la relación de 0.84 para panceo y 0.16 para segregación y cangrejeras.

Tabla 8: Proporción de no conformidades registradas en situación inicial

N° de piso	Número de falla en Columnas				Número de falla en Placas			
	PANCEO	SEGR/CANG	razón PANCEO	razón SEG/CANG	PANCEO	SEGR/CANG	razón PANCEO	razón SEG/CANG
1	4	1	0.80	0.20	10	1	0.91	0.09
2	5	1	0.83	0.17	11	2	0.85	0.15
3	5	1	0.83	0.17	10	2	0.83	0.17
4	4	1	0.80	0.20	12	2	0.86	0.14
5	5	1	0.83	0.17	11	2	0.85	0.15
6	4	1	0.80	0.20	10	1	0.91	0.09
7	4	1	0.80	0.20	10	2	0.83	0.17
8	4	2	0.67	0.33	10	2	0.83	0.17
9	5	1	0.83	0.17	10	4	0.71	0.29
ANTES DE IMPLEMENTAR			0.80	0.20			0.84	0.16

Elaboración propia

Fuente: Datos de la obra

Además existió la posibilidad de que la cantidad de estas fallas aumentara por elemento y en cada elemento porque a medida que se gastaran los paneles fenólicos por el uso sin control ni buen almacenaje, las fallas aumenten y puedan presentarse más de una falla por elemento como se observa en la tabla 9.

Con las razones proporcionales de aparición de fallas de la tabla 8 se elaboró la siguiente tabla en la que se muestra las fallas tanto de columnas como en placas clasificadas por tipo (panceo, segregación / cangrejera).

Tabla 9: Número de fallas en columnas y placas proyectadas según proporciones halladas

N° de piso	Número de falla en Columnas				Número de falla en Placas			
	PANCEO	SEGR/CANG	razón PANCEO	razón SEG/CANG	PANCEO	SEGR/CANG	razón PANCEO	razón SEG/CANG
		antes de implementar	0.80	0.20		antes de implementar	0.84	0.16
10	5	1			11	2		
11	5	1			11	2		
12	5	1			11	2		
13	5	1			11	2		
14	5	1			11	2		
15	5	1			11	2		
16	5	1			11	2		
17	7	1			15	3		
18	7	1			15	3		
19	7	1			15	3		
20	7	1			15	3		
21	7	1			15	3		
22	0	0			10	2		

Elaboración propia

Los números de color morado de la tabla 10 son los números proyectados de fallas (no conformidades) que hubieran existido si el problema continuaba y las fallas (no conformidades) hubieran seguido apareciendo.

Tabla 10: Total de fallas (no conformidades) proyectadas. (Sin implementación)

Nº de piso	Número de falla en Columnas	Número total de columnas por piso	Número de fallas en Placas	Número total de placas por piso
10	6	7	13	15
11	6	7	13	15
12	6	7	13	15
13	6	7	13	15
14	6	7	13	15
15	6	7	13	15
16	6	7	13	15
17	8	7	18	15
18	8	7	18	15
19	8	7	18	15
20	8	7	18	15
21	8	7	18	15
22	0	7	12	15

Elaboración propia

Sin ninguna implementación las no conformidades hubiesen continuado y hasta empeorado debido al desgaste de los materiales.

En la siguiente tabla se aplicó los costos de reparación de las fallas proyectadas con los datos de costo unitario tablas 5 y 6.

En 13.5 semanas se registró el sobrecosto de S/ 16,365.02, esto anualizado (52 semanas) equivale a S/63,035.63.

Estas no conformidades (Tabla 11) sin la implementación hubieran costado S/ 27,665.50 y sumados a los S/ 16,365.02 registrados dan un total de S/ 44,030.52. Este sobrecosto anualizado sería S/ 169,599.04.

Tabla 11: Total de fallas (no conformidades) proyectadas y sus costos.

	total fallas proyectadas		costo proyectado de posibles fallas	
	PANCEO	SEGR/CANG	PANCEO	SEGR/CANG
N° de piso			S/. 96.67	S/. 121.83
10	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
11	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
12	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
13	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
14	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
15	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
16	16	3	S/. 1,546.67	S/. 365.50
17	22	4	S/. 2,126.67	S/. 487.33
18	22	4	S/. 2,126.67	S/. 487.33
19	22	4	S/. 2,126.67	S/. 487.33
20	22	4	S/. 2,126.67	S/. 487.33
21	22	4	S/. 2,126.67	S/. 487.33
22	10	2	S/. 966.67	S/. 243.67
			S/. 22,426.67	S/. 5,238.83
TOTAL COSTO PROYECTADO			S/. 27,665.50	

Fuente: Elaboración propia

El sobre costo registrado de S/ 16,365.02 representa el 14% de lo presupuestado para la partida de encofrado de los elementos verticales internos (S/ 114,521.80).

Ya revisado el aspecto económico, se encontró que el problema de estas no conformidades tuvo impacto colateral en otros aspectos como retrasos y alto nivel de rotación de personal.

Tiempo de retraso por reparar los elementos verticales

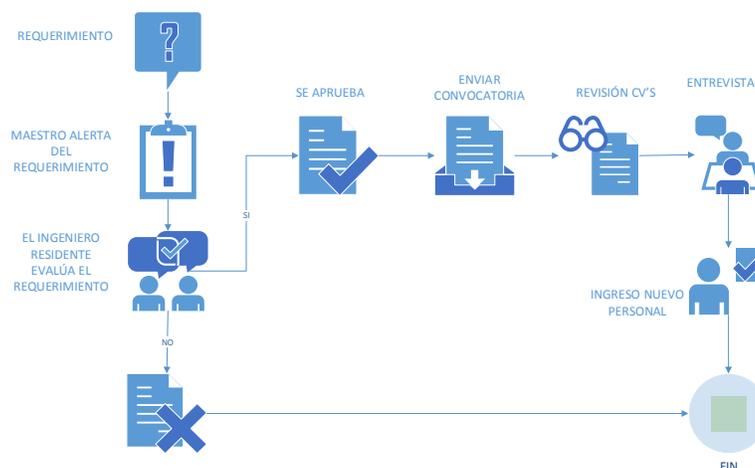
El problema del alto porcentaje de no conformidades en el acabado de los elementos verticales estructurales internos tenía impacto en los tiempos de entrega y conformidad de los pisos de la edificación. En lugar de ser entregados en 6 días de acuerdo a lo planificado y presupuestado, eran entregados en 9 días en promedio, lo que se vio reflejado en el registro de la situación inicial: los 9 primeros pisos se ejecutaron en 13.5 semanas en vez de 9 semanas.

Nivel de rotación de personal

El problema del alto porcentaje de no conformidades en el acabado de los elementos verticales estructurales internos tenía el impacto colateral del alto nivel de rotación de personal.

Los trabajos de reparación de las conformidades causó un impacto en la distribución de personal, en vez de avanzar con la obra debían dedicarse a reparar los elementos para poder continuar. Se tenía en cola de espera a los trabajadores de la constructora y a los de las contratistas que debían continuar con los siguientes trabajos de la obra. Estos trabajos de reparación (reprocesos) causaron un cuello de botella; a causa de estos retrasos los obreros desertan de ingresar y prefirieron ir a otras obras donde los fueran a necesitar de inmediato, porque no podían perder el jornal diario esperando. Cuando el personal no ingresaba a trabajar tampoco se les pagaba, a pesar de ser convocados, seleccionados y haber pasado el examen médico (Ver figura 15).

Figura 15: Diagrama flujo de requerimiento de nuevo personal



Fuente: elaboración propia

Luego del análisis del proceso, data e información se llegó a determinar el problema, diagnóstico e hipótesis.

El problema

El alto porcentaje de no conformidades en elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) debido al panceo son por la falta de un procedimiento con mecanismos de control e inspección en el proceso de encofrado.

Diagnóstico

El problema del alto porcentaje de no conformidades en el acabado de los elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) debido principalmente al panceo es por falta de mecanismos de control interno para el proceso de encofrado. Este problema conlleva a un alto porcentaje de reparaciones (reprocesos) que provoca un perjuicio económico de S/ 16,365.02 de una partida de S/ 114,521.80 monto que representa el 14% de lo presupuestado para encofrar los elementos verticales.

La causa raíz de este problema es la falta de procedimientos y mecanismos de control que aseguren la operación de encofrado.

Objetivo

Reducir las no conformidades en elementos verticales estructurales internos en 40% (este porcentaje fue solicitado por la empresa).

Hipótesis

A través de la implementación de procedimientos y mecanismos de control en el proceso de encofrado de elementos verticales estructurales internos se cumplirá el objetivo. Para ello se implementará un sistema de gestión de la calidad, indicadores de logro, formatos de calidad, listas de chequeo y medidas que impidan continuar la elaboración sin un proceso de encofrado inspeccionado y acorde al método constructivo correcto.

Capítulo 3 Propuesta de mejora

El objetivo del tercer capítulo es presentar las propuestas de mejora tomando como base el diagnóstico realizado en el capítulo anterior. Las propuestas de mejora se diseñaron y desarrollaron según el cronograma y con del presupuesto que se presenta en este capítulo.

Al final del presente capítulo se muestra los resultados esperados y las consideraciones que se debe tener para la implementación.

Objetivo general

Se tuvo como objetivo reducir las no conformidades en elementos verticales estructurales internos en 40% y las reparaciones para lograr la calidad de la edificación.

Objetivos específicos

- Proponer un procedimiento para la operación de encofrado donde indique:
 - Las actividades para la colocación de arriostres laterales.
 - Las actividades para la colocación de ajustes laterales.
 - Las actividades para la colocación de refuerzos horizontales con un punto fijo a la losa.
- Proponer un diseño estandarizado de los refuerzos horizontales con punto fijo a la losa.
- Proponer un mecanismo de control dentro del método para la operación de encofrado.
- Proponer un sistema de gestión de calidad que contemple las inspecciones adecuadas para las operaciones que indica la Norma Técnica de Edificaciones para la operación de encofrado.
- Proponer un DAP para el proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) para explicar de manera más visual los cambios en el método de elaboración de los elementos verticales estructurales internos.

Alcance

Las propuestas presentadas tuvieron un alcance principal para la operación de encofrado que apuntó a cumplir los objetivos antes mencionados. Se aplicó a todos los involucrados en la operación de encofrado de los elementos verticales.

Las propuestas de mejora pasaron por varias etapas, primero el diseño, segundo el desarrollo, tercero la planificación para obtener un cronograma aproximado que se proyectó para presentar la propuesta, cuarto un presupuesto también aproximado y quinto se presentó los resultados que se esperan de las propuestas. Finalmente se propuso las consideraciones para la implementación.

Diseño¹⁸

En la etapa de diseño fue muy importante lograr establecer los requerimientos y especificaciones necesarias para las propuestas, de esta manera poder lograr los objetivos planteados.

Primero se presentó las consideraciones de la documentación, seguido de un cuadro conciso de los problemas y propuestas (Ver Cuadro 9); finalmente establecer los requerimientos para el diseño de cada una de las propuestas de mejora.

Consideraciones para el diseño de la documentación escrita:

- El formato tuvo en cuenta a quién se dirigió el documento, es decir quién lo iba a usar.
- Los manuales y procedimientos fueron concisos y con lenguaje protocolar porque fue dirigido a los altos cargos de mando alto y medio.
- Para los instructivos que fueron dirigidos a los obreros y capataces, se tuvo en consideración el nivel de escolaridad y el tipo de labor que realiza.
- En general el diseño usó imágenes, tipo de letra simple, con pocas palabras, las suficientes para transmitir la instrucción para la actividad.

Se presenta las propuestas de mejora para poder ver de manera clara cada una de ellas y la relación con los problemas, luego se muestra el diseño para cada propuesta.

¹⁸ Diseño: Realización de un plan detallado para la ejecución de una acción o una idea. (Google Diccionario, 2017)

Propuestas de mejora

A continuación se presenta las propuestas de mejora, cada una de ellas dirigida los problemas identificados en el capítulo anterior.

Cuadro 9: Cuadro de Problemas y propuestas

Leyenda	
Problemas	Propuestas
# 	
1 Falta de procedimiento formal escrito de la operación de encofrado	Proponer e implementar un procedimiento formal escrito de la operación de encofrado.
2 Falta de procedimiento de colocación de arriostres laterales en el encofrado	Procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de arriostres laterales.
3 Falta de procedimiento de colocación de ajustes laterales.	Procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de ajustes laterales.
4 Falta de procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de refuerzos horizontales con un punto fijo a la losa.	Procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de refuerzos horizontales con un punto fijo a la losa.

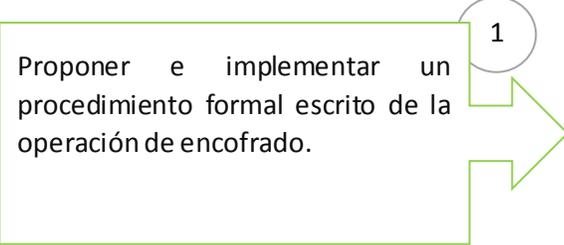
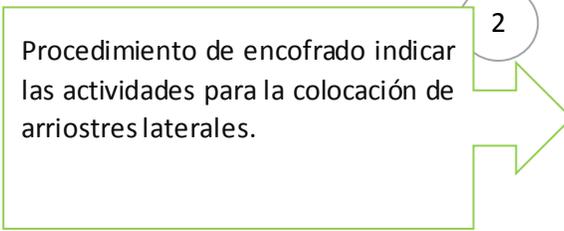
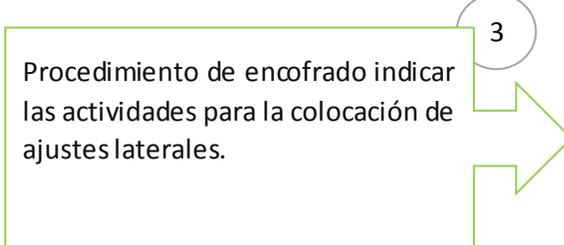
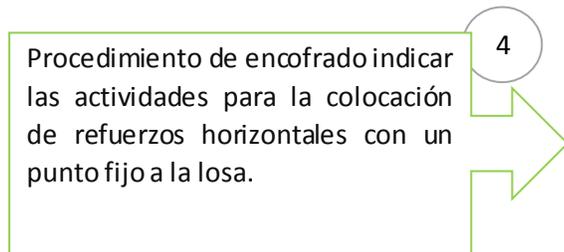
<p>5 Falta de un diseño estandarizado de los refuerzos horizontales con punto fijo a la losa.</p>	<p>Proponer un diseño estandarizado de los refuerzos horizontales con punto fijo a la losa.</p>
<p>6 Falta de mecanismos de control dentro del método para la operación de encofrado.</p>	<p>Proponer e implementar mecanismos de control dentro del método para la operación de encofrado.</p>
<p>7 Falta de gestión de calidad dentro del método para la operación de encofrado.</p>	<p>Proponer e implementar un sistema de gestión de calidad para toda la operación de encofrado.</p>
<p>8 Falta de gráfica formal de las operaciones con las inspecciones de acuerdo a los lineamientos de la Norma Técnica de Edificaciones.</p>	<p>Proponer e implementar un DAP para el proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos (placas y columnas).</p>

Elaboración propia

Requerimientos para desarrollo de las propuestas

Luego de mostrar el cuadro las propuestas para cada problema, es importante presentar que se necesita para desarrollar cada propuesta.

Cuadro 10: Cuadro de Problemas y requerimientos

Leyenda	
Propuestas	Requerimientos
	
<p>1</p> <p>Proponer e implementar un procedimiento formal escrito de la operación de encofrado.</p> 	<p>Previamente contar con una Política.</p> <p>El procedimiento debe ceñirse con los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)</p>
<p>2</p> <p>Procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de arriostres laterales.</p> 	<p>Debe estar dentro del procedimiento de la operación de encofrado.</p> <p>Especificación de inspección de la colocación de los arriostres laterales en el encofrado</p>
<p>3</p> <p>Procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de ajustes laterales.</p> 	<p>Debe estar dentro del procedimiento de la operación de encofrado.</p> <p>Especificación de inspección de la colocación de los ajustes laterales en el encofrado</p>
<p>4</p> <p>Procedimiento de encofrado indicar las actividades para la colocación de refuerzos horizontales con un punto fijo a la losa.</p> 	<p>Debe estar dentro del procedimiento de la operación de encofrado.</p> <p>Especificación de inspección de la colocación de refuerzos horizontales con un punto fijo a la losa.</p>

<p>5</p> <p>Proponer un diseño estandarizado de los refuerzos horizontales con un punto fijo a la losa.</p>	<p>El diseño debe ceñirse a los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)</p> <p>Adaptar diseño del manual de encofrado de Aceros Arequipa.</p> <p>Solicitar el diseño técnico para los refuerzos y puntos fijos.</p> <p>Solicitar Revisión y aprobación de la empresa</p>
<p>6</p> <p>Proponer e implementar mecanismos de control dentro del método para la operación de encofrado.</p>	<p>Los mecanismos de control deben alinearse con los requisitos de inspección mínima que indica el RNE.</p> <p>Colocar las inspecciones luego de dichas operaciones.</p> <p>Los puntos de control que impidan el flujo de actividades hasta que cumpla las especificaciones</p>
<p>7</p> <p>Proponer e implementar un sistema de gestión de calidad para toda la operación de encofrado.</p>	<p>Debe ceñirse a la ISO 9001</p> <p>Debe incluir el enfoque PDCA (planificación, ejecución, control y mejora)</p>
<p>8</p> <p>Proponer e implementar un DAP para el proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos (placas y columnas).</p>	<p>Presentar de forma clara y visible con la gráfica el proceso de elaboración de los elementos verticales estructurales internos</p> <p>Mostrar al personal énfasis en la operación de encofrado.</p>

Elaboración propia

Para el diseño de la propuesta de mejora N° 1 Procedimiento formal escrito de la operación de encofrado, se tuvo presente al sistema de control documental (Moreno, 2001).

De acuerdo al sistema de control documental primero se estableció las políticas para tener el soporte de la directiva y altos mandos, la difusión y designación de tiempos para la propuesta. En cuanto al procedimiento, éste se ciñó con los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

El diseño de las propuestas de mejora N° 2, 3 y 4, se incluyeron en el procedimiento de la operación de encofrado. Asimismo, contó con la especificación de inspección de la colocación de los elementos de los arriostres, ajustes y refuerzos en el encofrado.

El diseño de la propuesta N° 5, se ciñó a los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tomando en consideración el manual de encofrado de Aceros Arequipa, luego se solicitó el diseño técnico de dichos refuerzos y puntos fijos a un Ingeniero Civil. Una vez que se tuvo el diseño con las consideraciones presentadas, se debe solicitar la revisión y aprobación de la empresa para su validación.

El diseño de la propuesta N° 6 Mecanismos de control dentro del método para la operación de encofrado, también contempló que dichos mecanismos se alineen con los requisitos de inspección que indica el RNE. En el diseño se contempló la implementación de las inspecciones luego de dichas operaciones (antes de la entrega del trazo, armado de estructura de acero, encofrado, vaciado y después del desencofrado y reparado). De esta forma los puntos de control buscaron impedir el flujo de actividades hasta verificar que en cada proceso crítico se cumpla las especificaciones.

Respecto al diseño de la propuesta N° 7 Sistema de gestión de calidad para la operación de encofrado. Entendiendo como sistema al conjunto de actividades que interactúan guiadas principalmente por información para lograr propósitos.

Con este Sistema de Gestión de Calidad se busca que la serie de actividades coordinadas se lleven a cabo en conjunto con las inspecciones y herramientas implementadas para poder controlar y mejorar el proceso y operación de encofrado para que se logre el cumplimiento de los requisitos del cliente y las normas de edificación del país.

Se diseñó un sistema de gestión de calidad para la operación de encofrado, que incluye los formatos de calidad, lista de chequeo, mecanismos de control para obtener la calidad requerida en esta edificación y capacitaciones en las que se pudo difundir al personal los cambios.

Para las charlas de calidad se propuso tener una lista de asistencia de capacitaciones y un registro de capacitaciones. Respecto a la frecuencia se propuso que la primera semana se realice tres charlas de manera interdiaria debido a que se planteó la presentación del sistema de gestión de la calidad y los nuevos formatos. Para la segunda semana se propuso una frecuencia de 2 veces por semana: una a inicio de semana y la segunda al terminar la semana para ver el avance, ocurrencias o dudas que pudieran surgir en el transcurso de esa semana.

Desarrollo

Se pasó a desarrollar cada una de las propuestas de mejora:

En el desarrollo de la propuesta de mejora N° 1 se elaboró la política de elaboración del encofrado. Con el apoyo del staff gerencial se proyectó difundir y comunicar a cada área y a los trabajadores en una reunión general para mostrar la importancia de este proceso y pedir el apoyo de los trabajadores para poder fortalecer los cambios y obtener buenos resultados.

El procedimiento se ciñó con los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El desarrollo de las propuestas de mejora N° 2, 3 y 4, están dentro del procedimiento de la operación de encofrado. Se muestra las especificaciones de inspección de la colocación de sus elementos de arriostres, ajustes y refuerzos en el encofrado. (Ver Anexo 10).

El desarrollo de la propuesta N° 5 Diseño estandarizado del refuerzo horizontal con puntos fijos a la losa se ciñó a los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se tomó las consideraciones del diseño del manual de encofrado de Aceros Arequipa, luego se solicitó el diseño técnico de dichos refuerzos y puntos fijos a un Ingeniero Civil y una vez que se tuvo el diseño con las consideraciones presentadas, se solicitó la revisión y aprobación de la empresa para su validación.

Refuerzos horizontales con punto fijo en losa

El Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el encofrado debe estar apuntalado contra puntos fijos. En este caso se propuso el uso del apuntalamiento contra puntos fijos en losa a lo que el diseño del Ingeniero Civil indicó colocar varillas de acero en el vaciado de losa, las cuales les atraviesa un listón de madera contra el cual se colocarán los puntales metálicos como se muestra en la figura 16. La losa se representa de color plomo, el encofrado de paneles representados por las líneas

verticales de color marrón oscuro, las cuales son atravesadas por los espárragos metálicos representados en color negro (para ejercer la función como ajuste de tuercas), los puntales metálicos se representan por las barras inclinadas de color negro. La varilla doblada de acero embebida en la losa está representada por el color plomo oscuro que bordea el listón de madera.

Figura 16: Representación del encofrado con puntos fijos en losa

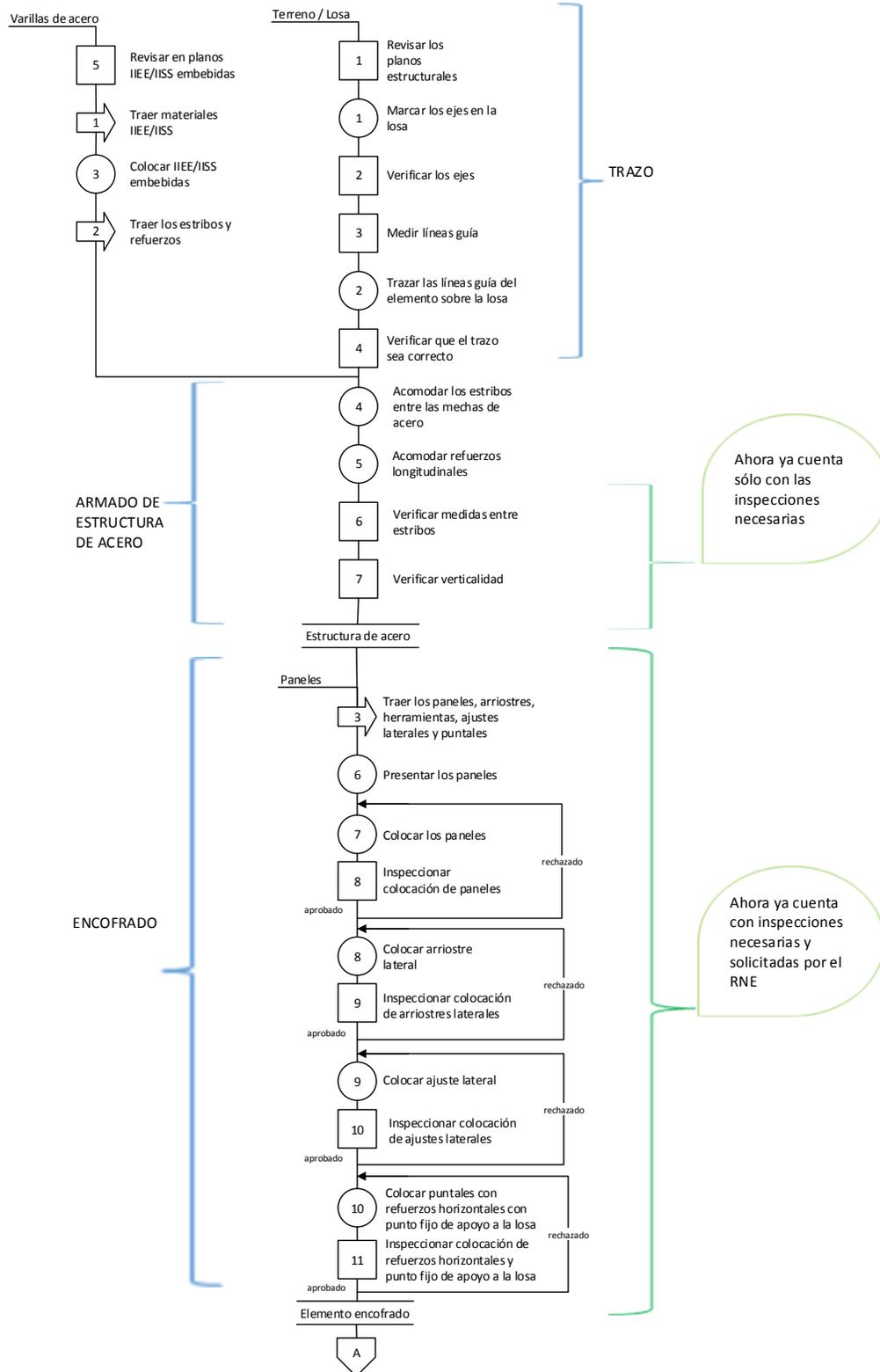


Elaboración propia

El desarrollo de la propuesta N° 6, también contempla que los mecanismos de control deben alinearse con los requisitos de inspección mínima que indica el RNE. Colocar las inspecciones luego de dichas operaciones (antes de la entrega del trazo, armado de estructura de acero, encofrado, vaciado y después del desencofrado y reparado), Se diseñó que estos mecanismos de control sean del tipo aprobado - rechazado, es decir luego de cada proceso crítico pasa inspección la actividad de producción del elemento y sólo si es aprobado continua el proceso sino es rechazado y debe reprocessar. Los puntos de control buscaron impedir que el flujo de actividades fluya sin antes cumplir las especificaciones de cada actividad.

DAP propuesto

Figura 17: DAP propuesto



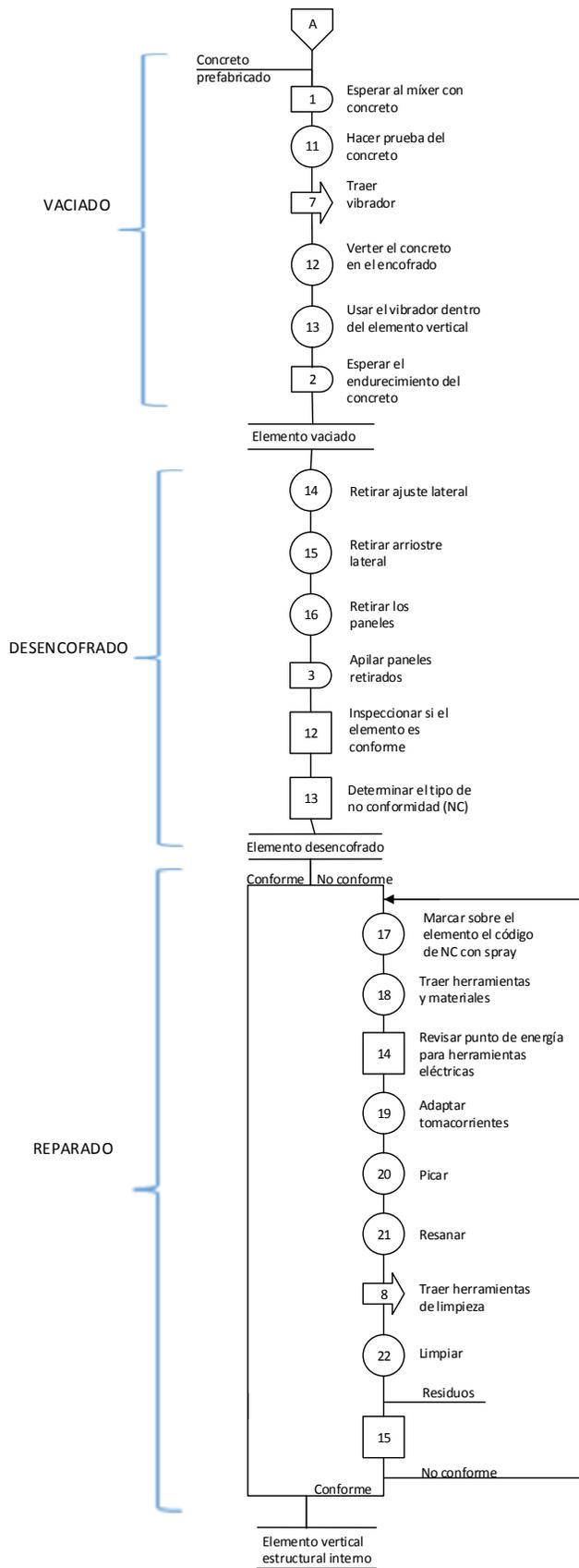


Tabla Resumen		
Actividad	símbolo	Cantidad
Operación	●	22
Inspección	■	15
Transporte	➡	5
Almacenamiento	▼	0
Espera	⌚	3
Total		45

Elaboración propia

Se implementó la inspección en el proceso de encofrado para asegurar que esté correctamente ejecutado de acuerdo al procedimiento de construcción y cumpla lo indicado por el RNE. El diagrama de flujo para con la verificación se muestra en la figura 17.

Se puede observar en el DAP propuesto la implementación de las inspecciones en el encofrado necesarias y requeridas por el RNE, al final de la reparación de los elementos verticales y en trazo se observa que cuenta sólo con las verificaciones necesarias.

En el desarrollo la propuesta N° 7 Sistema de gestión de calidad para la operación de encofrado

Para el desarrollo de esta propuesta primero se estableció sus objetivos como se muestra a continuación.

Objetivos del sistema de gestión de calidad

El sistema de gestión de calidad para la operación de encofrado buscó tener las piezas necesarias para que todo encaje de la mejor manera posible para que la implementación pueda darse con éxito, este sistema tuvo el enfoque de la ISO 9001:2015. La implementación del sistema de gestión de calidad para la obra tuvo los principales objetivos:

1. Obtener el compromiso y apoyo de la alta dirección.
2. Involucrar a toda la organización a través de la comunicación interna.
3. Alinear el sistema de calidad a implementar con los requisitos de la ISO 9001:2015.
4. Establecer un equipo de implementación para obtener mejores resultados y lograr los objetivos.
5. Determinar las funciones, responsabilidades y plazos para el desarrollo.
6. Motivar al personal con las capacitaciones.
7. Revisar periódicamente el sistema de gestión de la calidad para asegurar que la mejora será continua.

Herramientas del sistema:

Como parte de este sistema se planteó que después de cada actividad crítica una inspección dentro del proceso de encofrado como se muestra en el nuevo DAP. Para poder inspeccionar el encofrado en general se tuvo el siguiente formato como parte de la documentación que ayudó a guiar la revisión de los elementos:

Formato de calidad para encofrado

El formato de calidad propuesto para verificación servirá para que se dé conformidad de supervisión en los procesos y pueda haber un mayor control de los procesos actuales.

Tabla 12: Formato de calidad para encofrado

Logo	GESTIÓN DE CALIDAD			Código:
Registrador:	REGISTRO DE REVISIÓN DE ENCOFRADO			Fecha:
Actividades	Correcto / Completo	Incorrecto/ Incompleto	Observaciones	Persona/área encargada
Limpieza área de trabajo				
Verificación de material				
Acero				
Concreto				
Madera				
Buen estado de herramientas				
Armado de estructura de acero				
Estribos				
Amarres				
Armado de encofrado				
Buen estado paneles fenólicos				
Tornillos y clavos				
Espárragos				
Apuntalado				
Verificación de alineamiento				
Plomada (perpendicularidad)				
Visto Bueno y firma				

Fuente: Elaboración propia

Capacitaciones de calidad

Se propuso un formato de lista de asistencia, un control de capacitaciones para el registro de capacitaciones de calidad. Esto fue muy útil para el registro de la capacitación del personal encargado de labores bajo verificación y revisión de supervisión. Estas charlas fueron impartidas dos veces por semana en la primera etapa y luego desde la segunda semana tuvieron menor frecuencia con una vez por semana.

Tabla 13: Registro de capacitación de calidad

		GESTIÓN DE CALIDAD			Código:	FR - 02
		REGISTRO DE CAPACITACION DE CALIDAD			Revisión:	01
					Página:	1 de 1
Instructor:		Firma:		Lugar:		
Fecha:		Hora Inicio:		Hora Término:		Nº de Participantes:
TEMA:						
Nº	Apellidos y Nombres	DNI	Cargo	Empresa	Firma	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

Fuente: La empresa

Manual de Procedimiento

La norma ISO 9001 propone un modelo en cuya estructura de texto figuran los siguientes puntos:

1. Título y alcance.
2. Tabla de contenido.
3. Documentos.
4. Política y objetivos.
5. Estructura.
6. Referencias
7. Descripción del sistema.
8. Anexos

Se tuvo en cuenta el modelo mencionado para el desarrollo de la propuesta respecto a los puntos de los procedimientos críticos. El desarrollo completo del manual se puede ver en el Anexo 10.

Para que las propuestas logaran los objetivos y las soluciones fueran sostenibles en el tiempo tuvo en cuenta el aspecto sistémico, que de forma ordenada y secuencial se aplicase las inspecciones y pueda encontrarse nuevas oportunidades de mejora.

Aspecto sistémico

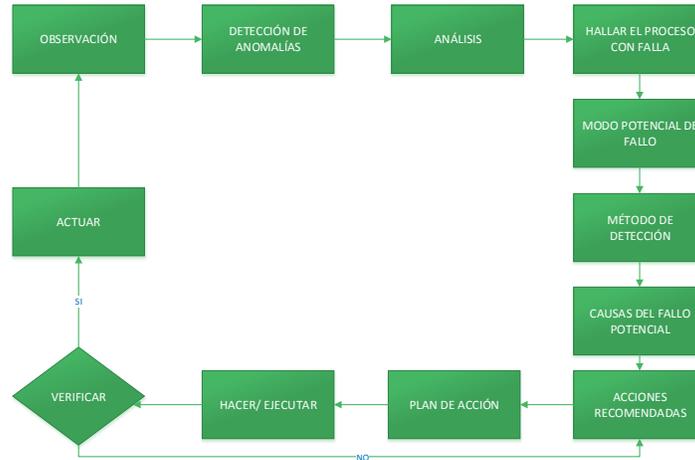
Se entiende por sistémico, “que se sigue o se ajusta a un sistema, conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí de manera ordenada que contribuyen a un objetivo” (RAE, 2017). En este caso, la propuesta brindada tiene base en un análisis sistemático y en el modo de ejecutarse a través las siguientes etapas:

- 1) Identificación de las anomalías.
- 2) Análisis a través de herramientas de ingeniería industrial para hallar el problema.
- 3) Investigación de las formas de solución para consolidar una propuesta de solución en particular para este problema.
- 4) Desarrollo de la propuesta de solución.
- 5) Medición de los indicadores después de la implementación.
- 6) Análisis de los resultados.
- 7) Validación de resultados.

8) Estudio y análisis del impacto de la propuesta.

La observación y el análisis del estado sirvieron para buscar las anomalías y tener una secuencia de pasos para poder tener a futuro una mejora continua.

Figura 18: Validación sistémica

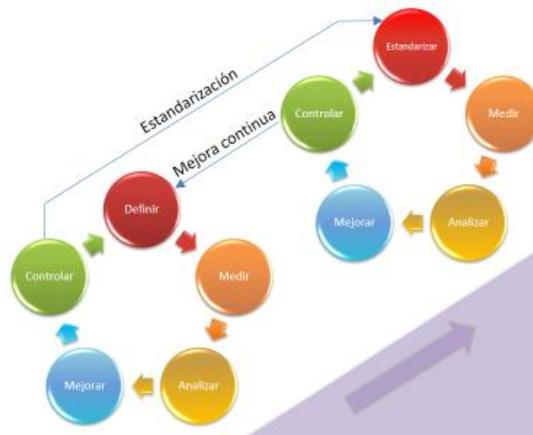


Fuente: Elaboración propia

Sistema de control

Para el ciclo de control presentado en figura 19 alineado con las etapas de la metodología DMAIC, se tiene el ciclo de mejora continua, que busca la satisfacción del cliente que se puede asegurar mediante una mejora implacable de los procesos de trabajo (D.E, 1994).

Figura 19: Ciclo de control



Elaboración propia

Se plantea la secuencia de “controlar” a “definir” para fines de mejora continua. Por otro lado, la secuencia de “controlar” a “estandarizar” para lograr una sostenibilidad del ciclo

obteniendo retroalimentación tanto del cliente como de los proveedores y trabajadores, este es el ciclo de la estandarización que busca que estos cambios sean sostenibles y pueda darse impulso de logra mejorar y hacerlo cada vez de modo estandarizado.

Cronograma

Es importante que la implementación esté marcada con tiempos y esto plasmado en un cronograma, sólo así se puede ver el nivel de avances y cumplimiento las fases de la implementación.

Cuadro 11: Cronograma propuesto para la implementación

Actividades		Cronograma de Propuesta																											
		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4												
		Días																											
N°		1	2	3	4	5	6	9	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	27	30	31	1	2	3	4				
1	Revisión de Propuestas																												
2	Reunión con Gerencia para presentación de propuestas																												
4	Plan de capacitaciones y horarios																												
5	Ejecución de Capacitaciones																												
6	Capacitación y charlas de la colocación de la operación de encofrado																												
7	Capacitación y charlas de la colocación de arriostres laterales																												
8	Capacitación y charlas de la colocación de ajustes laterales																												
9	Puesta en marcha de la colocación de arriostres y ajustes laterales																												
10	Prueba piloto de los refuerzos horizontales con el diseño estandarizado																												
11	Análisis de resultados del piloto																												
12	Redacción de ajustes y consideraciones del diseño																												
13	Capacitación de la colocación de refuerzos horizontales y punto fijo																												
14	Puesta en marcha del nuevo diseño de refuerzos horizontales y pto fijo																												
15	Control de las propuestas																												
16	Seguimiento y anotación de observaciones																												
17	Ajustes de las propuestas según se requiera																												
18	Observación y revisión de impacto																												
19	Análisis de impacto																												
20	Conclusiones																												

Elaboración propia

El cronograma presentado incluyó lo puntos planteados para la implementación de la propuesta de mejora. Asimismo, se elaboró un presupuesto para dicha implementación.

Presupuesto

Para cada una de las propuestas se destinó tiempo de elaboración de la documentación. Esta no tiene un costo adicional ya que se adicionó a las funciones de los colaboradores ya existentes. La única propuesta que sí necesitó considerar inversión, fue la N° 5 (Diseño estandarizado del refuerzo horizontal con puntos fijos).

Cuadro 12: Costo de la implementación de los refuerzos horizontales con puntos fijos

Costo de la implementación de los refuerzos horizontales con puntos fijos			
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Parcial
Panel fenólico	20.0	S/. 100.00	S/. 2,000.00
Habilitación de panel más marco para encofrado	20.0	S/. 50.00	S/. 1,000.00
Varillas de acero	684.0	S/. 1.00	S/. 686.66
Disco de corte	36.0	S/. 15.00	S/. 540.00
Colocación de anclajes de acero			S/. 420.00
Mano de Obra para habilitación de anclajes de acero	60.0	S/. 17.00	S/. 1,020.00
Listón de madera pino radiata 2"x 2"x 10.5 pies	8.0	S/. 8.00	S/. 64.00
		Total	S/. 5,730.66

Elaboración propia

Fuente: Oficina técnica

Resultados esperados

Con la implementación de las propuestas de mejora se espera lograr el objetivo de reducir las no conformidades de los elementos verticales estructurales internos en un 40%.

Consideraciones de implementación

Se planteó las siguientes consideraciones en caso se daba la oportunidad de implementar la propuesta “Charlas de capacitación para la implementación de la inspección y verificación dentro del proceso de encofrado”.

Para todo lo referente a la documentación que se propone, debe considerar lo siguiente:

- Que se mantenga simple y clara las instrucciones para manejar la operación de encofrado.
- Debe tenerse la documentación disponible y visible para todos los trabajadores, ya que el trabajo de generar toda la documentación se pierde si ésta no se utiliza.

Una vez que el método de trabajo ha sido decidido, es esencial que se asegure la normalización no sólo de él sino también de los materiales, del equipo y de las condiciones de trabajo. A menos que se le dé la importancia que se merecen todos estos factores, será imposible establecer que con sólo llenar adecuadamente los formatos se va a ejecutar eficientemente determinada tarea.

Capítulo 4 Implementación e impacto

Validación (Implementación)

Justificación

Se necesitó solucionar el problema de las no conformidades y reprocesos en el corto plazo para evitar los sobrecostos por las no conformidades en los elementos verticales a causa del panceo y demás problemas que trajo como consecuencia los reprocesos de estos elementos. La única manera de tener certeza de que la propuesta logra o no el objetivo es implementarlo. Al darse las condiciones necesarias, revisiones y permisos, se decidió por la mejor validación: la implementación.

Planificación

Para poder ejecutar la implementación, primero se realizó la revisión detallada y ajustada de las propuestas planteadas. Al revisarlas se reordenó y agrupo las propuestas dentro de una más grande que las engloba como es el caso de los procedimientos de colocación van íntimamente relacionados y pueden estar dentro del procedimiento del encofrado. Por ejemplo, tenemos la propuesta N° 8 (implementar DAP) está tiene relación con la N° 6 (implementar mecanismos de control). Además la propuesta N° 7 engloba a la mayoría del resto de propuestas por tanto debe ser la que englobe a dichas propuestas y presentarse desde un inicio.

1. Implementar un sistema de gestión de calidad para toda la operación de encofrado.
2. Implementar un DAP para el proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos (placas y columnas).
3. Implementar mecanismos de control dentro del método para la operación de encofrado.
4. Implementar un procedimiento formal escrito de la operación de encofrado donde indique el procedimiento para:

- a. La colocación de arriostres laterales.
 - b. La colocación de ajustes laterales.
 - c. La colocación de refuerzos horizontales con puntos fijos a la losa.
5. Implementar un diseño estandarizado de los refuerzos horizontales con punto fijo a la losa.

Cronograma

Luego se hizo el ajuste del cronograma porque una vez propuesto se tuvo el objetivo de implementarlo en menor tiempo al del planteado en la propuesta, algunas actividades se planificaron para realizarlas en paralelo y otras adelantarlas.

Cuadro 13: Nuevo cronograma ajustado (Para la implementación)

Cronograma de Implementación																																							
Actividades		Semana 1					Semana 2					Semana 3					Sem4																						
		Días																																					
N°		1	2	3	4	5	6	9	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	27	30	31																		
1	Reunión con Gerencia para presentación de propuestas																																						
2	Coordinación con Seguridad para compartir tiempo de charlas																																						
3	Plan de capacitaciones y horarios, coordinación con áreas																																						
4	Ejecución de Capacitaciones																																						
5	Capacitación de colocación de la operación de encofrado																																						
6	Capacitación de colocación de arriostres laterales																																						
7	Capacitación de colocación de ajustes laterales																																						
8	Puesta en marcha de la colocación de arriostres y ajustes laterales																																						
9	Prueba piloto de los refuerzos horizontales con el diseño estandarizado																																						
10	Análisis de resultados del piloto																																						
11	Redacción de ajustes y consideraciones del diseño																																						
12	Capacitación de la colocación de refuerzos horizontales y punto fijo																																						
13	Puesta en marcha del nuevo diseño de refuerzos horizontales y punto fijo																																						
14	Control de las propuestas																																						
15	Seguimiento y anotación de observaciones																																						
16	Ajustes de las propuestas según se requiera																																						
17	Observación y revisión de impacto																																						
18	Análisis de impacto																																						
19	Conclusiones																																						

Elaboración propia

Ejecución

Para la ejecución se tuvo una actividad previa de la revisión de las propuestas para la presentación en reunión con la Dirección, en esta reunión se tuvo puntos de observaciones para ajuste tanto de tiempo como de forma para el desarrollo de la propuesta lo cual tuvo como resultado un nuevo reajuste del cronograma y capacitación en dos niveles, primero a mando medio y luego al personal ejecutor. Además se especificaron temas de confidencialidad y toda la información que debió ser reservada.

Con este cronograma reajustado se dio la ejecución de la implementación:

Cuadro 14: Cronograma con el que se ejecutó la implementación

Cronograma de Implementación																																									
N°	Actividades	Semana 1					Semana 2					Semana 3					Sem4																								
		1	2	3	4	5	6	9	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	27	30	31																				
1	Revisión de Propuestas																																								
2	Reunión con Gerencia para presentación de propuestas																																								
3	Coordinación con Seguridad para compartir tiempo de charlas																																								
4	Plan de capacitaciones y horarios, coordinación con áreas																																								
5	Ejecución de Capacitaciones																																								
6	Capacitación de colocación de la operación de encofrado (Supervisor)																																								
7	Capacitación de colocación de arriostres laterales (Supervisor)																																								
8	Capacitación de colocación de ajustes laterales (Supervisor)																																								
9	Capacitación de colocación de la operación de encofrado (Operario y Ayudante)																																								
10	Capacitación de colocación de arriostres laterales (Operario y Ayudante)																																								
11	Capacitación de colocación de ajustes laterales (Operario y Ayudante)																																								
12	Puesta en marcha de la colocación de arriostres y ajustes laterales																																								
13	Dudas / observaciones respecto a nuevo método de encofrado																																								
14	Dudas / observaciones respecto a nuevo método de ajustes laterales																																								
15	Dudas / observaciones respecto a nuevo método de arriostres laterales																																								
16	Prueba piloto de los refuerzos horizontales con el diseño estandarizado																																								
17	Análisis de resultados del piloto																																								
18	Redacción de ajustes y consideraciones del diseño																																								
19	Capacitación de la colocación de refuerzos horizontales y punto fijo																																								
20	Puesta en marcha del nuevo diseño de refuerzos horizontales y pto. fijo																																								
21	Dudas / observaciones respecto a nuevo diseño de encofrado																																								
22	Control de las propuestas																																								
23	Seguimiento y anotación de observaciones																																								
24	Ajustes de las propuestas según se requiera																																								
25	Observación y revisión de impacto																																								
26	Análisis de impacto																																								
27	Conclusiones																																								

Elaboración propia

Ya con el visto bueno de la Dirección, se procedió inmediatamente a la coordinación con el resto de áreas y coordinación con el área de seguridad para el reajuste de tiempo de sus charlas diarias y poder compartir ese espacio de tiempo con las charlas de calidad. Luego como siguiente paso se tuvo la difusión de los procedimientos, esto se dio en una reunión con las áreas; los procedimientos fueron entregados a los trabajadores por medio impreso y digital al personal de staff. En cuanto a las capacitaciones se hizo un ajuste inicial para tener dos niveles de capacitación como se mencionó en la planificación.

Charlas de capacitación de calidad implementadas

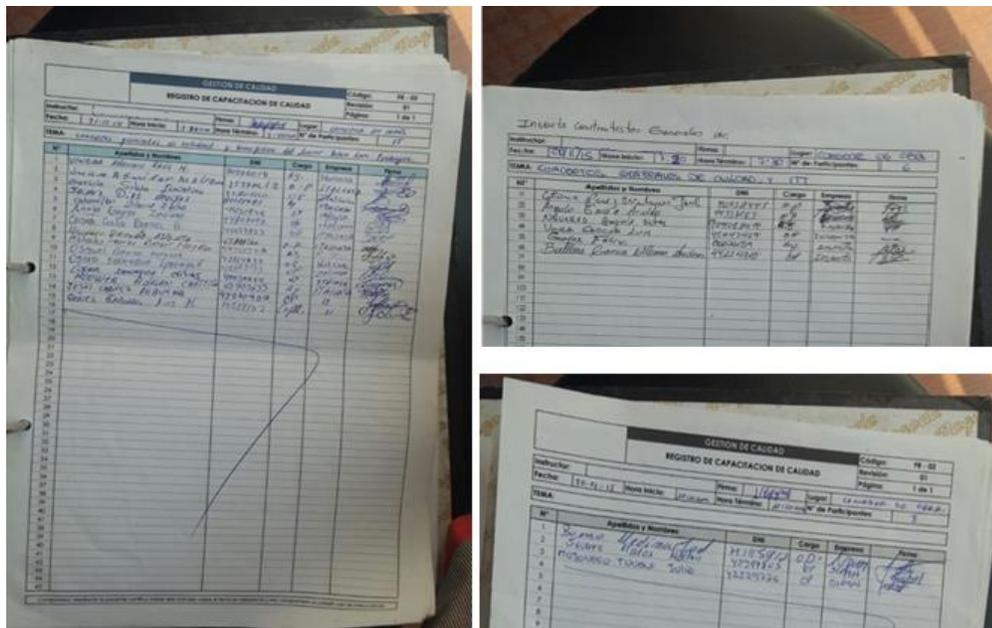
Las charlas de capacitación fueron planificadas y adecuadas al desarrollo de trabajo en campo. Para las charlas iniciales se tuvo un enfoque sobre las propuestas enfatizando el objetivo de reducir las no conformidades.

- La primera fue una capacitación general que tuvo como objetivo presentar los puntos principales del sistema de gestión.
- Las tres siguientes capacitaciones se enfocaron en presentar la modificación del método de trabajo para la operación de encofrado, la de colocación de arriostres laterales, ajustes laterales y refuerzos horizontales con puntos fijos de apoyo a la losa.

Luego de implementada las charlas se adecuaron con un enfoque hacia los puntos que se debían reforzar, por ejemplo dudas de los trabajadores, indicaciones adicionales a modo de ajuste.

A continuación se presenta los registros de las charlas capacitación de calidad que se implementaron.

Figura 20: Fotografía de los registros de charlas de calidad:



Fuente: La empresa

Aplicación de refuerzos horizontales con punto fijo en losa

Se siguió el procedimiento que dio los lineamientos para la colocación de estos refuerzos. Se aplicó los refuerzos horizontales con puntos fijos a la losa como se muestra en la figura 21. La correcta colocación de éstos fue explicada en las charlas de calidad que se implementaron.

Figura 21: Fotografías antes y después de la implementación del procedimiento de refuerzo horizontal con punto fijo a la losa



Fotografías tomadas en obra

Como se puede ver en la figura 21 se logró con éxito la implementación de colocación de puntales contra los refuerzos horizontales con los puntos fijos a la losa que brindaron soporte al encofrado.

Resultados logrados

La implementación de las propuestas trajo como consecuencia los siguientes resultados:

Los resultados de la implementación del procedimiento de encofrado:

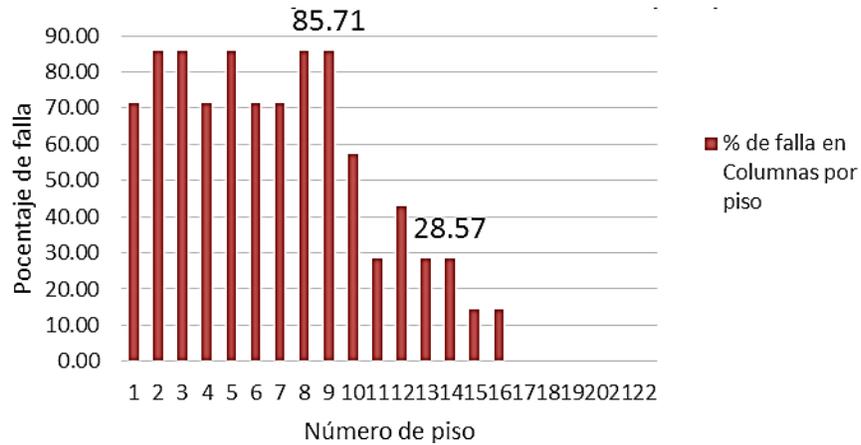
El resultado de la implementación de la política y el manual de procedimiento del encofrado tuvo buena aceptación por parte del staff gerencial, mientras que staff de ingeniería y trabajadores de producción presentaron en principio resistencia al cambio, pero luego con el apoyo de dirección y la presentación de objetivos en las capacitaciones se evidenció mayor aceptación y buenos resultados.

El sistema de gestión de calidad y los mecanismos de control interno logró contribuir a la reducción de las no conformidades y reprocesos en los elementos verticales al lograr la calidad requerida.

A continuación se muestra los porcentajes de falla (no conformidades) del total de la obra y se puede observar el impacto de la implementación, en columnas se logró en un primer momento de un 85% de no conformidades a un 28% y en placas de 93% a 26% de no

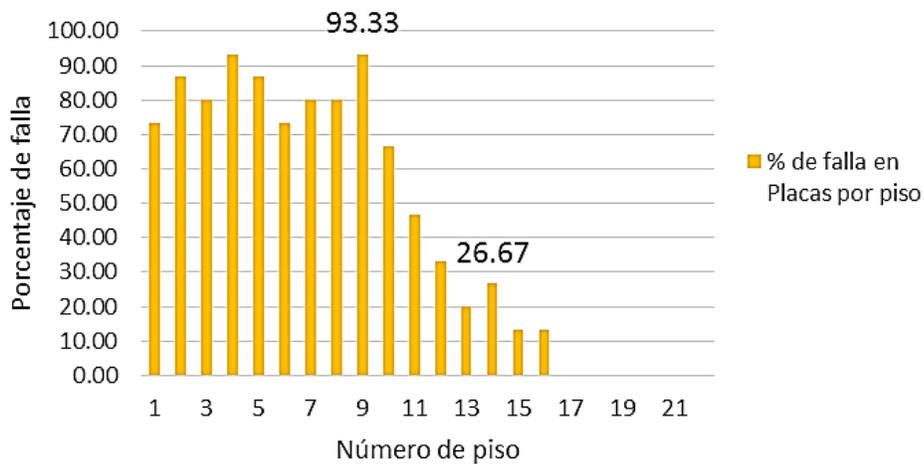
conformidades en placas. Luego del cambio de paneles en conjunto con la implementación se logró la eliminación de ambos tipos de fallas.

Cuadro 15: Porcentaje de falla en columnas por piso.



Elaboración propia

Cuadro 16: Porcentaje de fallas en placas por piso.



Elaboración propia

Se logró el objetivo planteado de la reducción de no conformidades en los elementos verticales estructurales internos (placas y columnas).

Reducción horas-hombre

Al lograr la reducción de las no conformidades también se redujo las horas-hombre. Para calcular esta reducción se sumó la cantidad de no conformidades por panceo, segregación y cangrejas, se multiplicó por el número de horas-hombre halladas en la tabla 5 y 6. Estos resultados fueron comparados con las horas hombre después de la implementación y se pudo hallar la reducción como se muestra en los cuadros 17 y 18.

Cuadro 17: Horas-hombre antes de la implementación

	Número de falla en Columnas			Número de falla en Placas	
	PANCEO	SEGR/CANG		PANCEO	SEGR/CANG
Cantidad total	40	10	Cantidad total	94	18
Horas-hombre	4	4.5	Horas-hombre	4	4.5
	160	45		376	81
			PANCEO	SEGR/CANG	
	total horas-hombre		536	126	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18: Horas-hombre después de la implementación

	Número de falla en Columnas			Número de falla en Placas	
	PANCEO	SEGR/CANG		PANCEO	SEGR/CANG
Cantidad total	11	4	Cantidad total	26	7
Horas-hombre	4	4.5	Horas-hombre	4	4.5
	44	18		104	31.5
			PANCEO	SEGR/CANG	
	Total horas-hombre		148	49.5	

Fuente: Elaboración propia

Se logró la reducción de 70.5% de horas-hombre no productivas por los trabajos de reparación de panceo y 31.73% en trabajos de reparación de segregación y cangrejera. En la tabla 14 se muestra la situación de la obra en donde se identifica la problemática en los elementos verticales estructurales.

Como se aprecia, en los primeros pisos la acción era nula, en el cuarto nivel se da una alarma de errores, comienza el estudio en el quinto piso y en el séptimo se desarrolló la propuesta para contrarrestar la aparición de fallas (no conformidades).

Tabla 14: Cuadro de fallas en elementos verticales piso 1 al piso 9

CUADRO RESUMEN DE FALLAS EN ELEMENTOS VERTICALES - TODOS LOS PISOS								
	Acción	Nº de piso	Número de falla en Columnas	% de falla en Columnas por piso	% de Columnas con falla al piso	Número de fallas en Placas	% de falla en Placas por piso	% de Placas con falla al piso actual
situación previa	nula	1	5	71.43	71.43	11	73.33	73.33
	nula	2	6	85.71	78.57	13	86.67	80.00
	nula	3	6	85.71	80.95	12	80.00	80.00
	alarma de errores	4	5	71.43	78.57	14	93.33	83.33
	estudio y análisis	5	6	85.71	80.00	13	86.67	84.00
	estudio y análisis	6	5	71.43	78.57	11	73.33	82.22
	Desarrollo de propuesta	7	5	71.43	77.55	12	80.00	81.90
	Desarrollo de propuesta	8	6	85.71	78.57	12	80.00	81.67
	Revisión y aprobación	9	6	85.71	79.37	14	93.33	82.96

Fuente: Elaboración propia

En los cuadros siguientes se puede observar mejor las cifras.

Tabla 15: Cuadro de fallas (no conformidades) en elementos verticales después de la implementación (piso 10 al 22)

CUADRO RESUMEN DE FALLAS EN ELEMENTOS VERTICALES - TODOS LOS PISOS								
	Acción	Nº de piso	Número de falla en Columnas	% de falla en Columnas por piso	% de Columnas con falla al piso	Número de fallas en Placas	% de falla en Placas por piso	% de Placas con falla al piso actual
Con la propuesta	Aplicación Refuerzo	10	4	57.14	77.14	10	66.67	81.33
	Aplicación Refuerzo	11	2	28.57	72.73	7	46.67	78.18
	Aplicación Refuerzo	12	3	42.86	70.24	5	33.33	74.44
	Aplicación Refuerzo	13	2	28.57	67.03	3	20.00	70.26
	Aplicación Refuerzo	14	2	28.57	64.29	4	26.67	67.14
	Aplicación Refuerzo	15	1	14.29	60.95	2	13.33	63.56
	Aplicación Refuerzo	16	1	14.29	58.04	2	13.33	60.42
	Refuerzo + Nuevo panel	17	0	0.00	54.62	0	0.00	56.86
	Refuerzo + Nuevo panel	18	0	0.00	51.59	0	0.00	53.70
	Refuerzo + Nuevo panel	19	0	0.00	48.87	0	0.00	50.88
	Refuerzo + Nuevo panel	20	0	0.00	46.43	0	0.00	48.33
	Refuerzo + Nuevo panel	21	0	0.00	44.22	0	0.00	46.03
	Refuerzo + Nuevo panel	22	0	0.00	42.21	0	0.00	43.94

Fuente: Elaboración propia

A partir del piso 10 en adelante se implementó los refuerzos horizontales y puntos fijos a la losa con los anclajes metálicos que indicó el procedimiento, con lo que se observa la reducción de las no conformidades. Gracias a la curva de aprendizaje del personal fue perfeccionándose este trabajo hasta bajar porcentaje del número de fallas en columnas y placas por piso, de un 83% a un 28% luego de la implementación.

DAP después de la Implementación

Cuadro 19: DAP después de la implementación

Diagrama analítico del proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos						
Actual	<input checked="" type="checkbox"/>	Propuesto	<input type="checkbox"/>	Operario	<input checked="" type="checkbox"/>	Maquinaria
Diagrama N°	002	PÁGINA	1 de 1	Resumen		
Objeto:	Actividad	Símbolo	Actual	Propuesta	Economía	
	Operación	●	22	22	0	
Proceso:	Inspección	■	11	15	4	
Elaboración de Elementos verticales estructurales internos	Transporte	➔	8	5	3	
Lugar:	Almacenamiento	▼	0	0	0	
	Espera	●	3	3	0	
Operarios	Distancia (metros)		67m-397m	58m-335m	9m-62m	
Trazadores, Eléctricos, Sanitarios, Operarios y ayudantes	Tiempo (minutos)		2562'-3212'	2546'-3108'	16'-104'	
Descripción de actividades						Observaciones
Trazo	Revisar los planos estructurales	●	-	-	30	El trazador revisa par realizar los trazos de acuerdo a los planos
	Marcar los ejes en la losa	■	-	-	40	
	Verificar los ejes	➔	-	-	20	
	Medir líneas guía	▼	2m-10m	10		El trazador toma las medidas según los planos
Armado de	Trazar las líneas guía del elemento sobre la losa	➔	3m-5m	20		Estas líneas guía son para colocar los paneles y formar el encofrado del elemento
	Verificar que el trazo sea correcto	■	-	-	30	Esta es una verificación final para dar pase al armado de la estructura de acero
	Revisar en planos IIEE/IISS embebidas	●	-	-	35	En esta revisión falta una medida para asegurar el marcado de los puntos IIEE e IISS
	Traer materiales IIEE/IISS	➔	4m-28m	25		
	Colocar IIEE/IISS embebidas	■	1m-5m	50		
	Traer los estribos y refuerzos	➔	4m-28m	10'-45'		La distancia varia en función al piso en el que se trabaje porque los estibos se almacenan en el primer piso
	Acomodar los estribos entre las mechas de acero	●	1m-5m	60'-90'		Los estribos se intertan etre las mechas de las varilas de acero del piso anterior
	Acomodar refuerzos longitudinales	➔	1m-5m	30'-50'		
	Verificar medidas entre estribos	▼	-	-	30	Estas medidas se contrastan con los planos estructurales
	Verificar verticalidad	■	-	-	30	Se verifica con la herramienta "plomada"
Encofrado	Traer los paneles, arriostres, herramientas, ajustes laterales y puntales	➔	4m-28m	30'-50'		Se aumenta el número de ayudantes para traslado de los materiales
	Presentar los paneles	■	2m-4m	20'-45'		
	Colocar los paneles	➔	1m-5m	40'		
	Inspeccionar colocación de paneles	▼	1m-5m	10'-15'		Se ahorra tiempo de traslado y se utiliza parte de ese tiempo para inspección
	Colocar arrioste lateral	➔	1m-5m	20'-35'		
	Inspeccionar colocación de arriostres laterales	▼	1m-5m	8'-12'		Se ahorra tiempo de traslado y se utiliza parte de ese tiempo para inspección
	Colocar ajuste lateral	➔	1m-5m	20'-35'		Ahora sí presenta inspección
	Inspeccionar colocación de ajustes laterales	▼	1m-5m	8'-12'		Se ahorra tiempo de traslado y se utiliza parte de ese tiempo para inspección
	Colocar puntales con refuerzos horizontales con punto fijo de apoyo a la losa	➔	1m-5m	25'-55'		
	Inspeccionar colocación de refuerzos horizontales y punto fijo de apoyo a la losa	▼	1m-5m	8'-12'		Actividad modificada con la implementación del diseño estandarizado de los refuerzos horizontales
Vaciado	Esperar al mixer con concreto	●	-	-	20'-120'	El tiempo de espera es variable y depende del cumplimiento de hora pactada
	Hacer prueba del concreto	■	-	-	15'	
	Traer vibrador	➔	4m-28m	10'-20'		Se ubican los trabajadores que traen sus herramientas y el vibrador
	Verter el concreto en el encofrado	●	-	-	120'-180'	La distancia para verter se desprecia porque el vaciado lo realizan con bomba y pluma para rapidez
	Usar el vibrador dentro del elemento vertical	➔	-	-	60'-90'	
Desencofrado	Esperar el endurecimiento del concreto	●	-	-	1440'	Este es un tiempo técnico que no puede reducirse de acuerdo a los requerimientos y presupuesto de obra
	Retirar ajuste lateral	➔	1m-5m	15'		
	Retirar el arrioste lateral	➔	1m-5m	30'		
	Retirar los paneles	➔	1m-10m	20'		
	Apilar paneles retirados	➔	2-4m	15'		Se juntan y colocan en desorden sin ningún criterio, cuidado del agua o zona determinada
	Inspeccionar si el elemento es conforme	▼	2m-15m	20'		
	Determinar el tipo de no conformidad (NC)	■	2m-15m	10'		Sólo se realiza si existe no conformidad en el elemento
	Marcar sobre el elemento el código de NC con spray	➔	1m-10m	5'		
Reparado	Traer herramientas y materiales	➔	4m-28m	10'-15'		
	Revisar punto de energía para herramientas eléctricas	●	2m-6m	2'		
	Adaptar tomacorrientes	➔	2m-6m	15'-20'		Es un tiempo variable que depende de la distancia, punto eléctrico habilitado y disponibilidad de herramienta
	Picar	➔	1m-7m	50'		
	Resanar	➔	1m-7m	35'-145'		Se realiza con un operario y ayudante
	Traer herramientas de limpieza	➔	1m-7m	10'-25'		
	Limpiar	➔	1m-7m	25'-45'		
Inspección	▼	1m-7m	10'			

Elaboración propia

En el DAP anterior se puede apreciar los cambios de la implementación de la inspección en la operación de encofrado con una notoria reducción de distancia y tiempo de transporte de material. Lográndose reducir en distancia entre 9 y 62 metros, mientras que en tiempos fue entre 16 y 104 minutos.

Ajustes

Una vez puesta en marcha la implementación en obra se tuvo que poner el proceso bajo mucha atención y observación con los mecanismos de control y gestión de calidad. Mientras la mejora era notoria y evidenciada, también se observó que ciertos paneles ya estaban desgastados los cuales ya no aptos para el encofrado. A partir del piso 17 la Dirección de proyectos decidió el cambio de los paneles de encofrado para una reducción total de las no conformidades.

Impacto

Para ver el impacto que tuvo la implementación de las propuestas se manejó por un lado el análisis económico y por el otro el análisis ambiental, social y administrativo con la matriz de Leopold.

Económico

En un contexto en el que los recursos económicos son limitados, resulta muy importante saber cuánto será el beneficio que se obtenga de la inversión que se realizan en la empresa. Por ello, conocer este beneficio y compararlo con el costo de la implementación se analizó para el impacto económico.

Para medir el impacto económico de la implementación se utilizó la herramienta de análisis Costo - Beneficio porque este fue un proyecto vivo y se quiso ver el impacto económico puntual para un tiempo definido. En este caso como no se tuvo producciones en periodos anuales no aplica realizar un estudio o uso de parámetros como el Valor Actual Neto ni la Tasa Interna de Retorno, menos un flujo de caja. El análisis Costo - Beneficio contempló cómo impacta la propuesta de solución económicamente a la empresa.

En el capítulo anterior se presentó como es que se llega al costo proyectado, registrado y al costo de la implementación. En este capítulo el análisis, respecto al aspecto económico, se centró la atención en ver cómo la propuesta logra ser beneficiosa para la empresa.

Después de la implementación la razón de fallas varió como consecuencia de la reducción de fallas, presentándose una reducción con la relación de 0.77 para panceo y 0.23 para segregación y cangrejeras en columnas y placas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16: Número de fallas (no conformidades) en columnas y placas con la razón de aparición en cada una, después de la implementación

	Número de falla en Columnas				Número de falla en Placas			
	PANCEO	SEGR/CANG	razón PANCEO	razón SEG/CANG	PANCEO	SEGR/CANG	razón PANCEO	razón SEG/CANG
N° de piso		Antes de implementar	0.80	0.20		Antes de implementar	0.84	0.16
10	3	1	0.75	0.25	8	2	0.80	0.20
11	2	0	1.00	-	6	1	0.86	0.14
12	2	1	0.67	0.33	4	1	0.80	0.20
13	1	1	0.50	0.50	2	1	0.67	0.33
14	1	1	0.50	0.50	3	1	0.75	0.25
15	1	0	1.00	-	1	1	0.50	0.50
16	1	0	1.00	-	2	0	1.00	-
		Después de implementar	0.77	0.23		Después de implementar	0.77	0.23

Elaboración propia

Habiéndose implementado la propuesta de solución se realizó el registro de los costos que se hicieron por las reparaciones que se presentaron en los pisos 10 al 16, las reparaciones sólo fueron hasta el piso 16 porque a partir del 17 se usaron los paneles nuevos que se adquirieron por una medida de aseguramiento de la calidad, ya que para ese momento los paneles que se habían estado usando ya se encontraban bastante gastados. Se obtuvo un costo registrado de S/4,916.83 como se observa en la tabla a continuación.

Tabla 17: El total de fallas registradas y sus respectivos costos

N° de piso	Total de fallas registradas		Costo de fallas registradas			
	PANCEO	SEGR/CANG	PANCEO	SEGR/CANG		
			S/.	96.67	S/.	121.83
10	11	3	S/.	1,063.33	S/.	365.50
11	8	1	S/.	773.33	S/.	121.83
12	6	2	S/.	580.00	S/.	243.67
13	3	2	S/.	290.00	S/.	243.67
14	4	2	S/.	386.67	S/.	243.67
15	2	1	S/.	193.33	S/.	121.83
16	3	0	S/.	290.00	S/.	-
17	0	0	S/.	-	S/.	-
18	0	0	S/.	-	S/.	-
19	0	0	S/.	-	S/.	-
20	0	0	S/.	-	S/.	-
21	0	0	S/.	-	S/.	-
22	0	0	S/.	-	S/.	-
			S/.	3,576.67	S/.	1,340.17
TOTAL COSTO REGISTRADAS (piso 10 al 22)			S/.	4,916.83		

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la diferencia del costo proyectado sin la implementación (0) menos el costo registrado (con la implementación), se obtuvo un ahorro de S/22,748.67.

Tabla 18: Diferencia entre costo proyectado y costo registrado

TOTAL COSTO PROYECTADO (piso 10 al 22)	S/.	27,665.50
TOTAL COSTO REGISTRADO (piso 10 al 22)	S/.	4,916.83
AHORRO - PISO 10 AL 22	S/.	22,748.67

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se restó el costo de implementación del ahorro obtenido por la implementación de la propuesta (refuerzos horizontales y puntos fijos). Se obtuvo un beneficio económico total de S/ 17,018.01 con la inversión de S/ 5,730.66.

En el aspecto económico se puede ver de manera tangible los beneficios con la reducción de costos, estos beneficios económicos validan la propuesta de mejora y dan mayor valor aún a los resultados de la implementación.

Tabla 19: Impacto económico

TOTAL COSTO PROYECTADO (piso 10 al 22)	S/.	27,665.50
TOTAL COSTO REGISTRADO (piso 10 al 22)	S/.	4,916.83
AHORRO - PISO 10 AL 22	S/.	22,748.67
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	S/.	5,730.66
BENEFICIO ECONÓMICO TOTAL	S/.	17,018.01

Elaboración propia

Para la validación económica como se mencionó se aplicó el análisis Costo - Beneficio para lo que se dividió el Beneficio económico total (S/ 17,018.01) entre el costo de implementación (S/ 5,730.66).

$$B/C = \frac{S/. 17,018.01}{S/. 5,730.66}$$

$$B/C = 2.97$$

El factor costo beneficio resultó 2.97, como fue mayor a 1 se concluye que la propuesta resultó rentable.

El beneficio logrado en la implementación dada del piso 10 al 22 fue de S/ 17,018.01, al aplicar esto proporcionalmente en la totalidad de un edificio de 22 pisos se obtendría aproximadamente S/ 31,199.69, esto aplicado al resto de proyectos de la empresa por ejemplo a seis de ellos, da como beneficio potencial económico S/ 187,198.11.

Otros impactos

Luego de ver el aspecto económico, para el análisis de los impactos ambiental, social y administrativo se utilizó la herramienta matriz de Leopold. Para el desarrollo de la matriz de Leopold primero se identificó los stakeholders, actores de cambio, muy importantes para la valorización del riesgo de cada propuesta.

Los Stakeholders fueron:

- El Estado (a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento)
- Los clientes

- Competidores
- Contratistas
- Trabajadores de la empresa
- Gerentes
- La comunidad (vecindario y sociedad)
- Inversionistas

Una vez que se identificó a los stakeholders se realizó la valorización de riesgos.

Cuadro 20: Matriz de Leopold

Factores	Ambiental					Social			Administrativo		Evaluación
	Ruido y vibraciones	Polvo	Agua	Sismología	Disposición de residuos	Modelos culturales	Estrés	Salud y Seguridad	Empleo	Aumento de carga laboral	
Acciones del proyecto											
Procedimiento de encofrado	8 3	3 3		-4 6	4 2	7 2	-5 1	5 3		4 1	22 21
Procedimiento de ajustes laterales				-2 1			-6 5	6 5		4 3	2 18
Procedimiento de arriostres laterales				-2 1	2 1		-6 5	7 5		4 3	5 20
Procedimiento de refuerzos horizontales	-3 1		2 2	-4 7				8 6		6 3	9 26
Política de elaboración de elementos verticales estructurales internos							-2 1			3 2	1 4
Diseño estandarizado de refuerzos horizontales con punto fijo a la losa							-3 4		5 5	4 2	6 14
Mecanismos de control dentro el método para la operación encofrado						8 8	-6 8	2 2		5 3	9 23
Sistema de gestión de calidad en el encofrado						3 4				4 2	7 8
Implementación del DAP						4 4				3 1	7 7
Evaluación	5 4	3 3	2 2	-12 15	6 3	22 18	-28 24	28 21	5 5	37 22	

Elaboración propia

Los riesgos se identificaron respecto a los factores ambiental, social y administrativo.

Ambiental

En cuanto a sismología el plan de contingencia básicamente se alinea con el que se establece por Defensa Civil para la protección de los trabajadores, mas no se contempla una acción que pueda mitigar este fenómeno geológico. Lo único que se planea ante un riesgo como este es el rehacer ordenadamente por sectores las labores para alcanzar el tiempo esperado de entrega al cliente.

Se contemplaron los temas de ruido y polvo tanto para los trabajadores como para el medio ambiente. Los procedimientos o su elaboración en sí no representan riesgo, la razón por la que el procedimiento de encofrado y el de los refuerzos horizontales es por el desarrollo según el procedimiento. En el caso del encofrado la colocación de los paneles de encofrado y sus piezas metálicas (para arriostre y ajustes laterales) producen ruido, mientras que la colocación de los refuerzos horizontales dentro del procedimiento indican el uso del disco de corte que es una herramienta eléctrica que se usó ara el corte de las varillas de acero, este ruido y vibración producida son las que se han considerado para el impacto ambiental dentro de la matriz. La mitigación para este tema fue realizar estas tareas por las mañanas para evitar quejas del vecindario.

Se tuvo disminución de exposición al riesgo de vibración, polvo y ruido: para reparaciones eran utilizadas las herramientas como amoladora¹⁹ y rotomartillo²⁰, éste último a pesar de contar con mangos de goma, tienen alto nivel de vibración para las articulaciones de los sistemas mano – antebrazo y codo – brazo. Al disminuir las reparaciones se disminuye este riesgo de vibración. Asimismo, al disminuir la amoladora se disminuye el riesgo al polvo que se provoca al hacer copado del concreto. El trabajo con rotomartillo y la amoladora en concreto crean un ruido molesto, si disminuye los trabajos con éstos, el riesgo al ruido lógicamente también disminuye.

Social

Los Modelos culturales de los trabajadores, sí se vieron afectados por las propuestas de implementación de procedimientos ya que no estaban acostumbrados a trabajar

¹⁹ Amoladora: instrumento de cortante. (Real Academia Española)

²⁰ Rotomartillo: herramienta utilizada para perforaciones.

bajo secuencias ordenadas y repetitivas. Para mitigar este riesgo en las charlas se explicó el beneficio de realizar la operación de forma ordenada y secuencial de acuerdo al procedimiento, logrando ser más productivos.

El riesgo de estrés laboral, a causa de la implementación del nuevo método de trabajo, se pudo mitigar con reconocimiento a los trabajadores bajo criterios simples como mayor predisposición al cambio, mayor entusiasmo, etc. Estos trabajadores fueron reconocidos una vez por semana dentro de las charlas de capacitación que se dieron como parte de la implementación.

El riesgo de salud y seguridad aumentó por la implementación de los procedimientos de encofrado, ajustes laterales y arriostres laterales ya que al contar con inspecciones en la operación de encofrado el nivel de seguridad también aumentó. Para mitigar este riesgo se planteó cumplir el procedimiento y se puso mayor atención en los riesgos que pudieran surgir. Se le indicó a los trabajadores y encargado de seguridad (PDR: Prevencionista de riesgos) que avisaran a su superior cuando se les presentara situaciones de inseguridad para encontrar una solución para eliminar o aminorar la inseguridad.

La capacitación de los obreros en temas de calidad: las charlas de capacitación para los obreros en temas de calidad brindan conocimiento a los obreros que muchas veces no cuentan con acceso a este tipo de información. Esto impacta en su mejora del trabajo y les brinda un brinda un adicional para su competencia frente a otros obreros para posteriores trabajos.

Se tuvo menor carga laboral siendo más productivos: al tener menor número de fallas y reducir las reparaciones los trabajadores tienen menor carga laboral pero siendo más productivos al ocuparse en trabajos contribuyentes. En este punto se han considerado al personal de mando bajo y ejecutor (Capataz, Operario y ayudantes). Mientras mayor carga laboral para los cargos administrativos y trabajadores de oficina, ya que se tiene funciones adicionales para poder apoyar la implementación de las propuestas. Al lograr reducir las fallas y en consecuencia las reparaciones, también se logró disminuir los retrasos y así evitar que las cuadrillas de trabajos posteriores deserten a dichos los trabajos en la obra por motivo de esos retrasos.

Por otro lado mejoró la calidad de vida: ante la cantidad de reparaciones que se tenía, los trabajos posteriores se retrasaban notablemente, en un momento se llegó a trabajar horas extras y los trabajadores accedían por el pago extra que estos trabajos les representaba. El problema, fue que al ser muy frecuente estos trabajos de horas extra, los trabajadores se presentaban con cansancio al día siguiente. Esto representaba un gran riesgo, ya que un trabajador cansado es más propenso a sufrir accidentes o provocarlos. Al lograr disminuir las fallas, las reparaciones y eliminar los trabajos en horas extra por motivo de reparaciones de columnas y placas, se logró un impacto positivo en los trabajadores, la satisfacción por obtener un buen trabajo sin fallas y evitar la reparación de éstos con trabajos repetitivos fue más allá de sólo bajar la carga laboral, sino que ahora eran conscientes que esto les evitaba posibles trabajos de horas extra que les reduce el tiempo fuera del trabajo y les brinda la posibilidad de tiempo con sus familias, libre esparcimiento y mayor calidad de vida.

Administrativo

Respecto al aumento de trabajo que esta implementación representó se mitigó realizando distribuyendo la responsabilidad y funciones entre el equipo de Arquitectura, Operaciones, Oficina técnica, Seguridad e Ingeniero Residente para que la carga no fuera tan pesada y se lograra los objetivos en el tiempo planeado.

Se tuvo impacto en el aspecto administrativo por la implementación de los procedimientos y formatos de calidad, así mismo cada colaborador involucrado en la operación de encofrado tuvieron un aumento de funciones.

La implementación de los nuevos formatos de registro de capacitaciones de calidad y control de procesos puso a germinar la concientización en los obreros mostrándoles que se logra un mejor trabajo haciéndolo bien desde un principio.

Conclusiones

Es importante que en las revisiones e inspecciones se tenga en cuenta no sólo la cantidad sino la forma y calidad de la acción. Asimismo, la creación de mecanismos de control que aún siendo básicos como los formatos de revisión resultan motivadores para el cumplimiento de los procedimientos.

La pronta detección de errores es de vital importancia para que estos no causen problemas colaterales.

Tan importante como solucionar el problema es el estudio previo de detección del mismo y su clasificación en grado de riesgo tanto económico como del producto en sí. En este caso, como este elemento es parte importante de un producto es para uso de vivienda, se entiende que debe estar bien hecho, supervisado y controlado con revisiones de calidad y que sus procesos se cumplan para garantizar la satisfacción y seguridad de las personas que lo habitan y alrededores.

Se logró el objetivo de reducir el número de elementos verticales con fallas. En consecuencia se redujo los reprocesos (reparación de fallas) ahorrando horas - hombre no productivas, materiales, tiempo y eliminando el sobrecosto.

Se obtuvo la reflexión sobre la importancia de la existencia de:

- Reglamentos y normas para establecer los lineamientos dentro del desarrollo de actividades productivas.
- Inspecciones en los procesos críticos, normados y no normados.
- Procedimientos de los procesos, ya que éstos permiten una guía fundamental para la elaboración de los bienes, en este caso los elementos verticales estructurales internos.
- Implementación de un sistema de calidad y control para contar con un constante movimiento hacia la mejora continua dentro de las organizaciones.

- Dentro del marco organizacional con la implementación de la propuesta se presenta mayor orden en el orden de recolección de datos, esto ayuda a la obtención de información valiosa para el proceso de mejora continua.
- La implementación de la mejora de proceso de calidad ha ayudado a tener un mejor control de las actividades que se realizan dentro del proceso de encofrado.
- La implementación permitió que se utilizara el tiempo y mano de obra en actividades productivas que contribuyen al avance de la obra.
- La implementación de los nuevos formatos de registro de capacitaciones de calidad y control de procesos han contribuido al cumplimiento de éstas lo cual brinda un historial para poder medir la mejoría.

Recomendaciones

El presente estudio encontró una oportunidad que da pie a una futura línea de investigación respecto a la vida útil o al número óptimo de usos de los paneles fenólicos, su determinación pudo haber ayudado bastante para el proceso productivo.

Es importante resaltar que se necesita mayores estudios sobre la difusión de una sólida gestión del conocimiento que se pueda transmitir dentro del sector de construcción y específicamente en edificaciones tipo vivienda.

Referencias y bibliografía

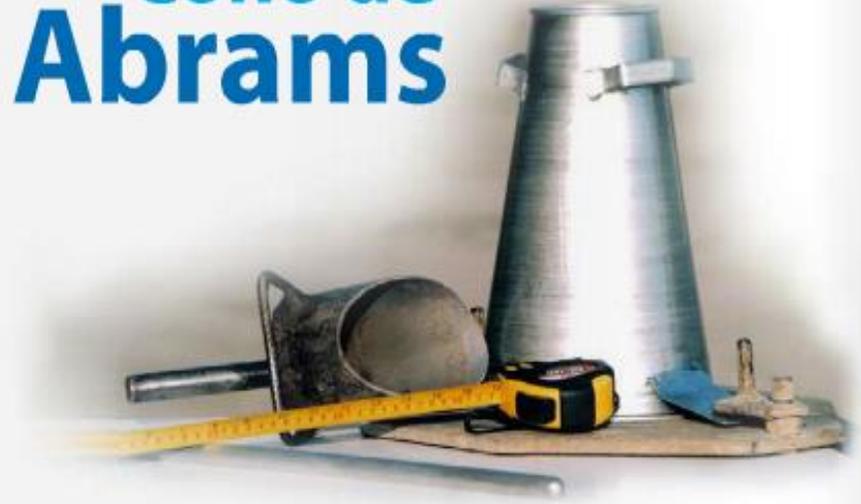
- Antony, J., Bhuller, A., Kumar, M., Mendibil, K., & Montgomery, D. (2012). methodology in a transactional enviroment. En *Aplication of Six Sigma DMAIC* (págs. 31-53). International Journal of Quality & Reliability Management.
- Arredondo, I. Á. (23 de Noviembre de 2017). *El Comercio*. Obtenido de Economía: <https://elcomercio.pe/economia/venta-viviendas-revierte-caida-despues-tres-anos-noticia-476114>
- Barato, J. (2017). *El director de proyectos a examen*. Diez de Santos.
- Belletich, E. (15 de Abril de 2016). *udep [hoy]*. Obtenido de <http://udep.edu.pe/hoy/2016/la-construccion-el-boom-que-ya-no-es-boom/>
- CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción). (16 de Diciembre de 2014). *Gestión*. Obtenido de Semana económica: <http://semanaeconomica.com/boominmobiliario/2015/05/20/el-boom-inmobiliario-y-la-supuesta-burbuja-inmobiliaria/>
- de Rus, G. (2008). *Análisis Coste - Beneficio*. España: Ariel.
- Definición del concepto de calidad. (2005). En A. Dorado, & L. Gallardo, *Gestión del deporte a través de la calidad* (págs. 17-19). Barcelona: INDE.
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.
- Incontec Internacional. (16 de Marzo de 2017). *ISO 9001:2015*. Obtenido de www.ejrlb.com/docs2017/NORMA_ISO9001_2015.pdf
- INEI - EY. (2015 - 2016). *Guía de Negocios e Inversión*. Lima.
- Kanawaty, G., & OIT. (1996). En *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: OIT (Oficina Internacional del Trabajo).
- Kato, I., & Smalley, A. (2011). Review 5W 1H. En *Toyota Kaizen Methods Six steps to improvement* (pág. 92). New York: CRC Press.
- López, L. (2013). Matriz de Leopold. En *Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental en Ingeniería Civil* (pág. 69). Alicante: Editorial Club Universitario.
- Martínez, J. G. (2002). En *Introducción al análisis de riesgos* (pág. 42). México DF: LIMUSA.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (18 de Noviembre de 2015). *NORMA GE.030*. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/33%20GE.030%20CALIDAD%20DE%20LA%20CONSTRUCCI%C3%93N.pdf>
- Municipalidad de Miraflores. (07 de Octubre de 2017). *Municipalidad de Miraflores*. Obtenido de http://www.miraflores.gob.pe/_contenTempl1.php?idpadre=8684&idcontenido=8685
- RNE. (23 de Mayo de 2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/Direcciones/Documentos/RNE_Actualizado_Solo_Saneamiento.pdf
- SENCICO. (21 de Agosto de 2017). *NTE E.060*. Obtenido de <http://www.sencico.gob.pe/puno/publicaciones.php?id=230&dPrint=1>
- UNICON. (25 de Octubre de 2017). *UNICON*. Obtenido de http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/porcer/files/Certificado_PE10_174558_UNICON.pdf
- Veroz Herradón, R., & Morales Gutiérrez, A. C. (2004). En *Introducción a la auditoría sociolaboral* (pág. 157). Murcia: Diego Marin.

Anexos

Anexo 1 Prueba de cono de Abrams

Cono de Abrams



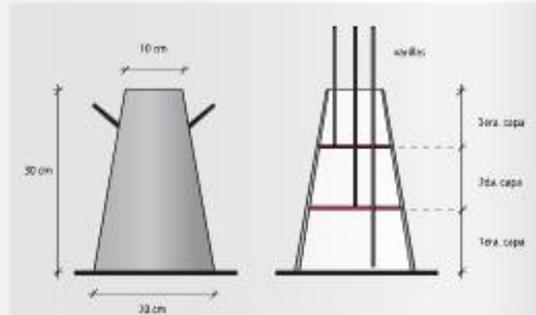
¿Qué es el Cono de Abrams?

El ensayo del cono de Abrams permite medir la manejabilidad del hormigón fresco por la disminución de altura que experimenta un tronco cónico moldeado con hormigón fresco.

En la mayoría de los casos la aceptación de un suministro de hormigón depende de una variación de 2 a 3 centímetros en el asentamiento obtenido con el Cono de Abrams. Esta variación excesiva puede ser causada por faltas cometidas en la realización del ensayo.

El método es aplicable sólo a hormigones cuyo árido sea de tamaño inferior o igual a 50 mm (2") y de plasticidad y cohesión suficientes para aceptar el ensayo.

El molde utilizado para este ensayo tiene forma de cono truncado, con un diámetro de base de 20 cm (8 pulgadas) y diámetro superior de 10 cm (4 pulgadas), de 30 cm de altura (12 pulgadas); provisto de dos pisaderas en la parte inferior para la sujeción por parte del operador durante el llenado, y dos asas en el tercio superior para levantar el molde después del llenado.



The diagram illustrates the Abrams cone mold. On the left, a solid grey trapezoidal shape represents the mold, with a top diameter of 10 cm, a bottom diameter of 20 cm, and a height of 30 cm. On the right, a wireframe version of the mold is shown, divided into three horizontal sections labeled '1era. capa', '2da. capa', and '3ra. capa'. Vertical lines within the wireframe are labeled 'varillas' (rebar).

Fuente: Web de Revista de construcción Proyecta

¿Cómo tomar correctamente la prueba de Abrams?

PREPARACIÓN: Toma de muestras

Las muestras deberán tomarse directamente de la canaleta de descarga del camión hormigonero. Después de haber vaciado 1/4 y antes de vaciar el 3/4 de la mezcla total de hormigón. Cada muestra deberá contener una cantidad de hormigón un poco mayor al doble de la necesaria para hacer el ensayo.

Antes de empezar el ensayo se debe mezclar la muestra nuevamente en la carretilla.

PASO 1

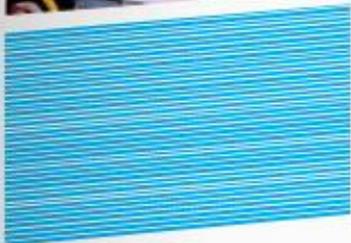
Llene el cono hasta 1/3 de su capacidad y compacte con una varilla metálica de 16 mm. de diámetro, 60 cm de longitud y de extremo redondeado dando 25 golpes repartidos uniformemente por toda la superficie.

PASO 2

Llene el cono con la segunda capa hasta 2/3 de su volumen y compacte esta capa con 25 golpes uniformemente repartidos por la superficie del hormigón y penetrando en él pero sin entrar en la primera capa.

PASO 3

Ahora llene el cono de forma que haya un ligero exceso de hormigón y luego compacte esta última capa con 25 golpes que penetren uniformemente dentro pero sin que entren en la segunda capa.



Fuente: Web de Revista de construcción *Proyecta*



PASO 4

Retire el exceso de hormigón con una regla metálica de forma que el cono quede perfectamente lleno y enrasado.
Quite el hormigón que haya caído alrededor de la base del cono.



PASO 5

Saque el molde con cuidado, levántandolo en dirección vertical lo más rápidamente posible.
No mover nunca el hormigón en este momento.

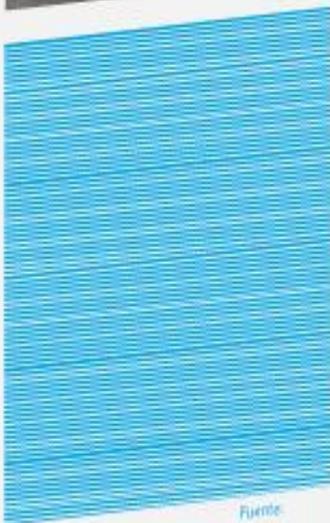
PASO 6: Medida del asentamiento

Mida el asentamiento como se indica en la figura.
Si la superficie superior del cono es irregular no medir en el más alto o en el más bajo de los puntos sino en el punto medio.

NOTA IMPORTANTE:

No utilizar nunca el hormigón usado en el cono para fabricar pruebas destinadas al ensayo de resistencia.

Asentamiento standard según el tipo de Hormigón		
Tipo de Hormigón	Medida en centímetros	Medida en pulgadas
Vaciado Directo	10 cm	4"
Bombeable	12 cm	5"
Especial	17 cm	7"



Fuente:
• Manual de Consejos Prácticos sobre
Hormigón, Hormigonero-Guayaquil, 2007.
Fotos:
Paulina Alemusca

Fuente: Web de Revista de construcción Proyecta

Anexo 2 Certificación de SGS para UNICON



Fuente: Web UNICON

SGS

Certificate PE10/174558

**UNIÓN DE CONCRETERAS S.A.
- UNICON
ISO 9001:2008**



Issue 5

Sites audited

Local Principal (Planta San Juan)
Carretera Panamericana Sur Nro. 11.4 Fundo El chical - San Juan De Miraflores, Lima - Perú

Local 2 (Planta Ancieta)
Jr. Plácido Jiménez Nro. 790, Lima - Perú

Local 3 (Planta Collique)
Av. Alfredo Mendocia Nro. 8380 Z.I. Urb. Pro - San Martín de Porres, Lima - Perú

Local 4 (Planta Materiales)
Av. Materiales lote. 1b Urb. Hab. Indust. Repsa Camena (frente av. Materiales), Lima - Perú

Local 5 (Planta Conchán)
Antigua Panamericana Sur Nro. 24.5 - Villa El Salvador, Lima - Perú

Local 6 (Planta Oquendo)
Nro. Sn Ind. Ex -fundo Oquendo (Sección 3d), Callao - Perú

Local 7 (Planta Huachipa)
Nro. Sn Ind. Nievería - Chambala (Sub lote b) - Lurigancho, Lima - Perú

Local 8 (Planta Meiggs)
Av. Enrique Meiggs Nro. 146 - Callao - Perú

Local 9 (Planta Villa)
Mza. B lote. 14 Urb. Pre-urbana tipo huerta - Villa El Salvador, Lima - Perú

Local 10 (Planta Pisco)
Av. 01 mza. B lote. 03 Urb. Lotización El Sequion - Pisco, Ica - Perú

Local 11 (Planta Chincha)
Lote. 9-a Ind. Pampa fisco (pampa fisco) - Chincha alta, Ica - Perú

Local 12 (Planta Ica)
Pza. Panamericana sur nro. Sn (km. 308-50) - Pueblo Nuevo, Ica - Perú

Local 13 (Planta Huancayo)
Av. Ferrocarril s/n (entre jirones Huaytapallana y Rosario) - El Tambo, Huancayo - Junín - Perú

Local 14 (Planta Trujillo)
Av. Dos de Mayo nro. Sn - Víctor Larco Herrera, Trujillo - La Libertad - Perú



Page 2 of 2

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Certification Services available at www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitations of liability, indemnification and jurisdictional issues established therein. The authenticity of this document may be verified at <http://www.sgs.com/our-company/certified-client-directories/certified-client-directories.aspx>. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

Fuente: Web UNICON

Anexo 3 Ensayos de Laboratorio de UNICON

Ensayos de Laboratorio

Ensayos de cemento:

- Preparación y ensayo a compresión de cubos ASTM C109 / NTP 334.051
- Tiempo de fragua Vicat ASTM C191 / NTP 334.006
- Pérdidas por ignición ASTM C188 / NTP 334.086
- Densidad ASTM C115 / NTP 334.005
- Actividad Puzolánica ASTM C311 - C595 / NTP 334.086 - 334.055
- Trióxido de Azufre ASTM C114
- Residuos Insolubles ASTM C114

Ensayos en agregados:

- Abrasión ASTM C131 / NTP 400.019 - 400.020
- Azul de Metileno ASTM C837
- Cloruros solubles NTP 400.042
- Inalterabilidad por medio de Sulfato de Magnesio ASTM C88 / NTP 400.016
- Equivalente de arena ASTM D2419 / NTP 339.146
- Granulometría ASTM C136 / NTP 400.037
- Humedad ASTM C566 / NTP 339.135
- Impurezas orgánicas ASTM C40 / NTP 400.013
- Malla 200 ASTM C117 / NTP 400.018
- Partículas chatas y alargadas ASTM D4791 / NTP 400.040
- Partículas Friables y Terrones de Arcilla ASTM C142 / NTP 400.015
- Partículas Ligeras ASTM C123 / NTP 400.023
- Peso Específico y Absorción ASTM C127 - C128 / NTP 400.021 - 400.022
- Peso Unitario ASTM C29 / NTP 400.017
- Sales solubles totales ASTM C114 / NTP 400.042
- Sulfatos solubles
- Muestreo in-situ de material de cantera ASTM D75 / NTP 400.010
- Índice de Alargamiento NTP 400.039
- Índice de Espesor NTP 400.041
- Detección de reacción potencial de Alcali - Sílice (método de la barra de mortero) ASTM C1260

Ensayos en agua:

- Alcalinidad ASTM D1067 / NTP 334.051
- Cloruros solubles NTP 339.076
- Ph NTP 339.073
- Residuos sólidos totales NTP 339.071
- Sulfatos solubles NTP 339.079

Ensayos en aditivos:

- Gravedad específica ASTM C494 / NTP 334.088
- ph ASTM D1293
- Residuos sólidos totales ASTM C494 / NTP 334.088

Otros:

- Límite líquido y plástico ASTM D4318
- Proctor modificado ASTM D1557
- CBR ASTM C1883
- Venta de Moldes plásticos ASTM C470

Ensayos en concreto endurecido:

- Abrasión en concreto ASTM C844
- Adherencia (pull out) ASTM C900
- Carbonatación
- Esclerometría ASTM C805
- Extracción de diamantina ASTM C42
- Extracción y ensayo de diamantina ASTM C42



Fuente: Web UNICON

Anexo 4 Códigos y modelos de los elementos verticales estructurales internos de la obra (vista de planta)

ELEMENTO		ELEMENTO	
PL-1		C-1	
PL-2A		C-2	
PL-2B		C-3	
PL-3		C-4	
PL-4		C-5	
PL-5A			
PL-5B			
PL-6			
PL-7			
PL-8			
PL-9			
PL-10			
PL-11			
PL-12			
PL-13			
PL-15			

Fuente: Elaboración propia con imágenes de la empresa

Anexo 5 Tabla de empadronamiento de paneles en obra rectos y curvos

Elemento	Piso										
	Código	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PL-1	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	3	R	R	R	R	R	R	R	C	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
PL-2A	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-2B	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-3	1	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	5	R	R	R	R	R	R	R	C	C	C
	6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	7	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	8	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	9	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	10	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	11	R	R	R	R	R	R	R	C	C	C
	12	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-4	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	C	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
PL-5A	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-5B	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-6	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	6	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
PL-7	1	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	6	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	7	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	8	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
PL-8	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-9	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
PL-10	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	6	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
PL-11	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-12	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-13	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
PL-14	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	6	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C
	7	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	8	R	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	9	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	10	R	R	R	R	R	R	R	R	C	C

Leyenda	
N	Número de pieza panel
R	Panel recto
C	Panel curvo

C: Paneles curvos	Porcentaje de paneles curvos
39	43.82%

Total de paneles	118
------------------	-----

Leyenda	
N	Número de pieza panel
R	Panel recto
C	Panel curvo

C: Paneles curvos	Porcentaje de paneles curvos
10	34.48%

Total de paneles curvos	Porcentaje de paneles curvos en total
49	41.53%

Total de elementos	207
Total de elementos no conformes	162

Total de elementos no conformes con paneles curvos	Porcentaje de elementos no conformes con paneles curvos
13	8%

Elemento	Piso									
Código	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C-1	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	5	R	R	R	R	R	R	R	R	R
C-2	1	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R
C-3	1	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	C
C-4	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R
C-5	1	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R
C-6	1	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	R
C-7	1	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	2	R	R	R	R	R	R	R	R	C
	3	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	4	R	R	R	R	R	R	R	R	C

4 placas con paneles curvos	29
-----------------------------	----

9 placas con paneles curvos	89 piezas panel
-----------------------------	-----------------

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Anexo 6 Tabla de encofrados que cedieron y los encofrados correctos.

Tabla de encofrados que cedieron

Elemento		Piso								
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Columna	C-1	N	N	C	N	C	C	N	C	N
	C-2	N	C	N	C	C	N	C	C	C
	C-3	N	C	N	N	C	N	C	N	C
	C-4	N	C	N	C	C	N	N	N	N
	C-5	N	N	C	C	N	C	C	N	N
	C-6	N	C	N	N	C	N	C	C	N
	C-7	N	N	C	C	N	C	N	C	C
Placa	PL-1	N	N	C	C	N	C	C	N	C
	PL-2A	N	N	N	N	C	C	N	C	N
	PL-2B	N	C	N	N	N	N	C	N	C
	PL-3	N	C	N	N	C	C	N	C	N
	PL-4	C	N	C	C	C	N	C	C	C
	PL-5A	N	C	C	N	C	N	C	C	N
	PL-5B	N	N	N	N	C	N	N	C	C
	PL-6	N	C	N	C	N	C	N	C	N
	PL-7	C	N	N	N	C	N	C	N	C
	PL-8	N	C	C	C	N	C	C	N	N
	PL-9	C	N	C	N	C	N	C	C	N
	PL-10	N	N	N	C	C	C	N	C	C
	PL-11	N	N	C	C	C	N	C	N	C
	PL-12	N	C	N	N	N	C	C	N	N
PL-13	N	C	C	N	N	C	N	C	C	
PL-14	C	C	N	N	N	C	N	N	C	

Leyenda	
C	Paneles del encofrado ceden
N	No ceden, encofrado correcto

Total de elementos	207
Total de elementos Verticales no conformes	162
Total de elementos no conformes por Panceo	134

Cedió el encofrado	Porcentaje de elementos no conformes donde cedió el encofrado
100	75%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Anexo 7 Tabla de incidencias respecto al ajuste lateral

Ajuste Lateral

Elemento		Piso								
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Columna	C-1	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	C-2	C	C	C	C	C	C	C	C	I
	C-3	C	C	C	C	C	C	C	C	I
	C-4	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	C-5	C	C	I	C	C	I	C	C	C
	C-6	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	C-7	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Placa	PL-1	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	PL-2A	C	C	C	C	C	C	C	I	C
	PL-2B	C	C	C	C	C	C	I	C	C
	PL-3	C	C	C	C	I	C	C	I	C
	PL-4	C	C	C	C	C	C	C	C	I
	PL-5A	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	PL-5B	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	PL-6	C	C	C	I	C	I	C	I	C
	PL-7	C	C	C	C	I	C	C	C	C
	PL-8	C	C	C	C	C	I	C	C	C
	PL-9	C	C	C	C	C	C	C	I	C
	PL-10	C	C	C	C	C	I	C	C	C
	PL-11	C	C	C	C	C	C	C	C	I
	PL-12	C	C	C	C	C	C	C	C	C
PL-13	C	C	C	C	C	C	C	I	C	
PL-14	C	C	C	C	C	I	C	C	I	

Leyenda	
C	Correcto
I	Incorrecto

Correctos
187

Incorrectos	Porcentaje % de elementos con ajuste lateral incorrecto (I)
20	15%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Anexo 8 Tabla de incidencias respecto al arriostre lateral

Arriostre lateral

Elemento		Piso								
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Columna	C-1	C	C	C	C	C	C	C	I	C
	C-2	C	C	C	I	I	C	I	I	I
	C-3	C	C	C	C	I	C	I	C	I
	C-4	C	C	C	I	C	C	C	C	C
	C-5	C	C	C	I	C	I	I	C	C
	C-6	C	I	C	C	I	C	I	I	C
	C-7	C	C	I	I	C	C	C	I	I
Placa	PL-1	C	C	I	I	C	C	I	C	I
	PL-2A	C	C	C	C	I	C	C	I	C
	PL-2B	C	I	C	C	C	C	I	C	I
	PL-3	C	I	C	C	I	I	C	I	C
	PL-4	I	C	I	I	I	C	I	C	I
	PL-5A	C	I	I	C	C	C	I	C	C
	PL-5B	C	C	C	C	I	C	C	C	I
	PL-6	C	I	C	I	C	I	C	C	C
	PL-7	I	C	C	C	I	C	I	C	I
	PL-8	C	I	I	I	C	I	I	C	C
	PL-9	I	C	I	C	I	C	I	I	C
	PL-10	C	C	C	I	C	I	C	I	I
	PL-11	C	C	I	I	C	C	I	C	I
	PL-12	C	I	C	C	C	I	I	C	C
PL-13	C	C	I	C	C	C	C	I	I	
PL-14	I	I	C	C	C	I	C	C	I	

Leyenda	
C	Correcto
I	Arrostre Incorrecto

Correctos
127

Insuficiente	Porcentaje % de elementos con arriostre incorrecto (I)
80	60%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Anexo 9 Tabla de incidencias de la falta de refuerzos horizontales y puntos fijos de apoyo

Refuerzos horizontales y puntos fijos de apoyo

Elemento		Piso								
Código		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Columna	C-1	T	T	T	T	T	T	T	F	T
	C-2	T	T	T	T	T	T	F	F	F
	C-3	T	T	T	T	T	T	F	T	F
	C-4	T	T	T	F	T	T	T	T	T
	C-5	T	T	T	F	T	F	F	T	T
	C-6	T	T	T	T	T	T	F	F	T
	C-7	T	T	F	F	T	T	T	T	T
Placa	PL-1	T	T	T	T	T	T	F	T	F
	PL-2A	T	T	T	T	F	T	T	F	T
	PL-2B	T	F	T	T	T	T	F	T	F
	PL-3	T	F	T	T	F	F	T	F	T
	PL-4	T	T	T	T	T	T	F	T	F
	PL-5A	T	F	T	T	T	T	F	T	T
	PL-5B	T	T	T	T	F	T	T	T	T
	PL-6	T	F	T	F	T	F	T	T	T
	PL-7	T	T	T	T	F	T	F	T	T
	PL-8	T	T	T	T	T	F	F	T	T
	PL-9	T	T	F	T	F	T	F	F	T
	PL-10	T	T	T	F	T	F	T	F	T
	PL-11	T	T	T	T	T	T	F	T	F
	PL-12	T	F	T	T	T	F	F	T	T
PL-13	T	T	T	T	T	T	T	F	F	
PL-14	T	T	T	T	T	F	T	T	F	

Leyenda	
T	Tiene puntos fijos de apoyo
F	Falta puntos fijos de apoyo

Tiene puntos fijos de apoyo
154

Faltante	Porcentaje % de elementos sin refuerzo e insuficientes puntos fijos de apoyo (F)
53	40%

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Anexo 10 Manual de procedimiento de encofrado

	PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO	Código: PR- ENC01-2
		Versión: 01
		Revisión: 02

PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Analista de Procesos	Ingeniero residente	Director de proyectos

PROCEDIMIENTO DE ENCOFRADO

1. ALCANCE

El presente procedimiento es aplicable a todo personal operativo en el área de producción de elementos verticales estructurales internos (Placas y Columnas).

2. OBJETIVOS

- Determinar el procedimiento de encofrado dentro del proceso de elaboración de los elementos verticales estructurales internos (Placas y Columnas).
- Establecer las responsabilidades en la operación de encofrado.
- Mantener los estándares de calidad de los productos internos elaborados.

3. DEFINICIONES

- **Encofrado.** Molde de madera, metálico u otro material que sirve para dar forma al elemento estructural a vaciar con concreto, retirado una vez que este haya fraguado.
- **Elementos Horizontales.** Hace referencia a los siguientes elementos estructurales: Losas macizas, losas aligeradas, vigas y escaleras.
- **Elementos Verticales.** Hace referencia a los siguientes elementos estructurales: Columnas y placas.
- **Baliza.** Elemento horizontal de madera que sirve de nivel para el refuerzo de acero.

4. CONDICIONES GENERALES

Inspecciones en las siguientes operaciones:

- Colocación de paneles
- Colocación de arriostre lateral
- Colocación de ajuste lateral

- Colocación de refuerzos horizontales y puntos fijos de apoyo

5. RESPONSABLES

A continuación se presentan a las personas que participan del presente procedimiento:

- Ingeniero de Producción
- Ingeniero de Seguridad
- Ingeniero de Oficina Técnica
- Maestro de Obra
- Operarios
- Supervisor de Campo
- Jefatura de Campo Producción

6. SECTORES DE TRABAJO

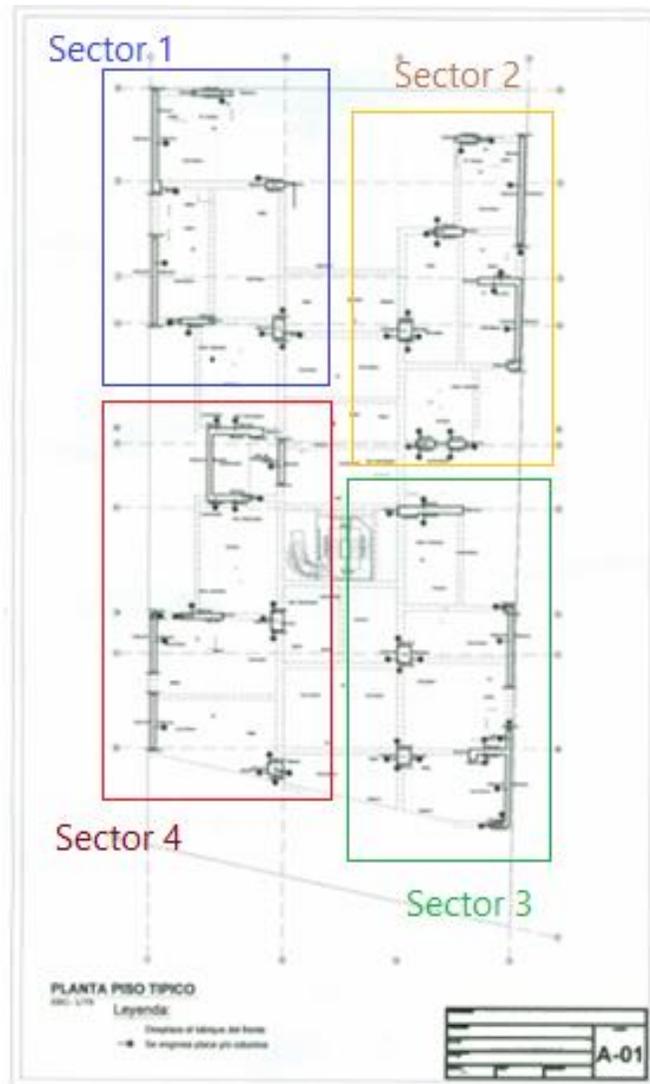
Los sectores de trabajo son cuatro, que están bajo responsabilidad de ejecución y avance del maestro de obra. La responsabilidad de inspección, revisión y liberación es del supervisor de campo. Cada cuadrilla está conformada por un operario y dos ayudantes; el operario a su vez es responsable del avance de su cuadrilla. Los sectores de trabajo son los siguientes:

Sector 1: Ubicación Noroeste (Color azul)

Sector 2: Ubicación Noreste (Color amarillo)

Sector 3: Ubicación Sureste (Color verde)

Sector 4: Ubicación Suroeste (Color rojo)



7. GENERALIDADES EJECUCIÓN

- Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento de vaciarse sin deformarse.
- Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del Proyecto, que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

8. PROCEDIMIENTO

Este proceso inicia después de la inspección del armado de la estructura de acero. Las personas que intervienen por sector de trabajo son cuatro (4): Un operario, dos ayudantes y un supervisor. El procedimiento para el encofrado es el siguiente:

Nº	Descripción	Responsable
1	Se inicia con el traslado de los paneles (parte 1) y herramientas. Desde almacén al área de trabajo.	Operario Ayudante 1
2	Presentar los paneles en los elementos del área de trabajo. (se queda en el área de trabajo)	Operario
	En paralelo traer paneles (parte 2), arriostres laterales, ajustes laterales y puntales al área de trabajo.	Ayudante 1 Ayudante 2
3	Inicia Colocación de paneles con las herramientas que ya se tiene	Operario
	Al terminar el traslado se unen a la colocación de paneles	Ayudante 1 Ayudante 2
4	Inspeccionar la colocación de los paneles.	Supervisor
5	Si la colocación de paneles es rechazada, se arregla de inmediato para poder continuar. (regresar a	Operario Ayudante 1 Ayudante 2
	Si la colocación de paneles es aprobada, se continúa con la colocación del arriostre lateral.	Operario Ayudante 1 Ayudante 2
6	Inspeccionar la colocación de los arriostres laterales	Supervisor
7	Si la colocación de los arriostres laterales es rechazada, se arregla de inmediato para poder continuar.	Operario Ayudante 1 Ayudante 2

8	Si la colocación de los arriostres laterales es aprobada, se continúa con la colocación de los ajustes laterales.	Operario Ayudante 1 Ayudante 2
9	Inspeccionar la colocación de los ajustes laterales.	Supervisor
10	Si la colocación de ajustes laterales es rechazada, se arregla de inmediato para poder continuar.	Operario Ayudante 1 Ayudante 2
11	Si la colocación de ajustes laterales es aprobada, se pasa a colocar puntales con refuerzos horizontales con punto fijo de apoyo a la losa	Operario Ayudante 1 Ayudante 2
12	Inspeccionar la colocación de puntales con refuerzos horizontales con punto fijo de apoyo a la losa.	Supervisor
13	Si la colocación de puntales con refuerzos horizontales con punto fijo de apoyo a la losa es rechazada, se arregla de inmediato para poder continuar.	Operario Ayudante 1 Ayudante 2
14	Si la colocación de puntales con refuerzos horizontales con punto fijo de apoyo a la losa es aprobada, se ha concluido la operación.	-

9. CONSIDERACIONES IMPORTANTES:

Se tendrá como lineamiento la Política General de Control en elaboración de encofrado de Elementos Verticales Estructurales Internos (Placas y Columnas) (POL- ENC01-2)

Almacenamiento de materiales

- El almacenamiento y preservación de todos los materiales deberán ser llevados a cabo conforme a lo indicado en las especificaciones y

recomendaciones del proveedor para prevenir el daño y/o deterioro de los materiales.

Criterios de Aceptación (control de ejecución y mecanismos de control)

- No se podrá realizar el vaciado sin antes verificar el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, la ausencia de maderas libres, concretos antiguos o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y/o acabado del mismo.
- Los encofrados deben ser completamente herméticos sellando todas las aberturas con el objetivo de evitar desalineamientos y escapes de concreto.
- Todas las inspecciones para las actividades de instalación y encofrado de madera deben realizarse de acuerdo a los planos de diseño y especificaciones del proyecto.

RESPONSABILIDADES

A continuación se detallan las responsabilidades de las personas involucradas con respecto a la presente instrucción técnica.

Ingeniero de Producción

- Planificar y ejecutar junto al residente de obra, la secuencia de actividades de acuerdo a planos y especificaciones técnicas del proyecto.
- Hacer cumplir las actividades señaladas en la presente instrucción de trabajo.
- Evaluar la producción de la mano de obra y de los equipos asignados a la presente actividad. Ser el responsable de que se lleven los controles estipulados.
- Difusión del Procedimiento al personal involucrado en la presente labor.

Supervisor

- Verificar que se efectúen los controles respectivos establecidos en la presente instrucción.

	POLÍTICA DE CONTROL	Código: POL- ENC01-2
	EN ELABORACIÓN DE	Versión: 01
	ENCOFRADO DE EVEI	Revisión: 02

Política General de Control en elaboración de encofrado de Elementos Verticales Estructurales Internos (Placas y Columnas)

1. ALCANCE

1.1. La presente norma regula el proceso de elaboración de elementos verticales estructurales internos.

1.2. Corresponde a las áreas de Producción, Oficina Técnica, Arquitectura y Seguridad.

2. DEFINICIONES

- RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Elementos verticales estructurales internos: Placas y columnas.
- Elemento no conforme: Elemento que no cumple con los requisitos.
- Reproceso: Reparación o reparaciones que se debe ejecutar para lograr entregar elementos que no cumplen con los requisitos ni con el RNE.

3. SOBRE RESPONSABILIDAD DEL PROCESO.

3.1. El Ingeniero Residente es responsable legal por la gestión, proceso, y control de la correcta elaboración de los elementos verticales estructurales internos.

3.2. Corresponde al área de Producción hacer cumplir las normas y procedimientos funcionales para la correcta operación de los procesos de obra.

3.3. Las posiciones de Maestro de Obra, Operario y Ayudante están bajo el reporte y supervisión del Ingeniero Residente quien es responsable por el buen desempeño de sus funciones. Para ello

deberá dotarlos de herramientas, gestionar su capacitación, evaluar su continuidad, etc.

3.4. Los elementos verticales estructurales internos están expuestos a los siguientes tipos de riesgos: Panceos, Segregaciones, Cangrejeras.

El ingeniero residente es responsable de efectuar controles para prevenir los riesgos antes descritos además de asegurar el cumplimiento de los procedimientos y buenas prácticas de elaboración. Los controles mínimos que el ingeniero residente deberá ejecutar son los siguientes:

Tipo de control	Control	Frecuencia	Riesgo a cubrir
Registro de no conformidades	Conteo de los elementos verticales estructurales internos (placas y columnas) no conformes	Diario	Panceos Segregaciones Cangrejeras

4. SOBRE EL CONTROL DOCUMENTARIO

Como parte del Sistema de Gestión de calidad, se contempla implementación del control documentario, el mismo que tendrá como objetivo:

- Aumentar el valor de la información de la empresa.
- Evitar la duplicación de tareas así como los tiempos de búsqueda de información interna.
- Incrementar la calidad y la productividad.
- Otorgar confiabilidad al trabajo realizado.
- Permitir el rastreo de las acciones realizadas en caso de fallas.
- Tener registro de lo ejecutado para la mejor toma de decisiones.

5. SOBRE EL CUIDADO DEL MATERIAL

Se procurará mantener con orden y limpieza las áreas de trabajo, para despejar el material pesado se pedirán al maestro se le asigne ayudantes para cumplir el objetivo.

De los paneles:

- Se prohíbe el almacenamiento de los paneles fenólicos expuestos a agua, o fuentes de líquidos o humedad.
- Evitar el golpe o caída de los paneles. Estos deben ser trasladados entre dos ayudantes si es necesario por dimensiones mayores alas estándar.

De las piezas de encofrado (espárragos, tuercas, balizas, tornillos)

- El almacenero es responsables del registro de las piezas entregadas a las cuadrillas de trabajo para el encofrado y de que éstas sean devueltas a almacén.
- El ayudante volante estará encargado de la recolección de las piezas al retirar el encofrado.
- Por pérdida de las piezas, la primera vez recibirán amonestación. A partir de la segunda vez y de ser repetitiva la pérdida de estas piezas, se le descontará a la cuadrilla.
- En caso el almacenero no haya registrado la entrega del material o las piezas, deberá asumir el costo del material en cuotas que no exceda del 10% de su paga semanal.