UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

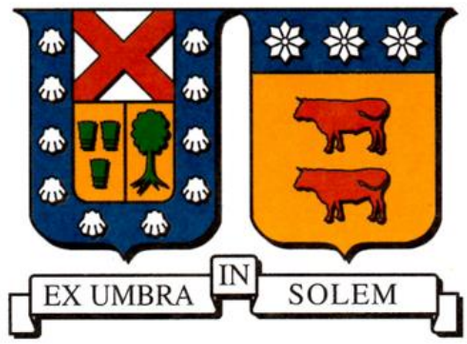
2022

MEJORAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN PARA POSTENSADO. PROYECTO QB2, IQUIQUE.

MARTÍNEZ GÓMEZ, FELIPE MANUEL

https://hdl.handle.net/11673/53503

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCION

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION

MEJORAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN PARA POSTENSADO. PROYECTO QB2, IQUIQUE.

FELIPE MANUEL MARTINEZ GOMEZ

2021

“REY BALDUINO DE BELGICA”

MEJORAMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN PARA POSTENSADO. PROYECTO QB2, IQUIQUE.

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno: **Felipe Manuel Martínez Gómez**

Profesor Guía: **Cristopher Pérez Marín**

2021

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

FELIPE MARTINEZ GOMEZ

RESUMEN DEL PROYECTO

El siguiente trabajo trata sobre la detección de una falla repetitiva en la fabricación de precast, y la propuesta a un mejoramiento del proceso de construcción para futuros proyectos en prefabricados de hormigón. Para esto se toma como caso de estudio las fundaciones postensadas del domo stock pile, proyecto minero Quebrada Blanca fase 2 (QB2). Presentando el proyecto y diagnosticando los problemas mas recurrentes que afectan financieramente la obra, observando que la problemática viene de la confección de los precast y no de los procesos operacionales de montaje. Por este motivo se presenta una solución al momento de construir los prefabricados de hormigón con materiales diferentes a los tradicionales, con la finalidad de evitar reparaciones, aumentos de plazos y costos innecesarios por conceptos de no calidad.

Contenido

1. INTRODUCCION 6

2. EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO 7

3. INTERROGANTES DEL PROYECTO 7

4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO 8

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO 9

5.1 OBJETIVO GENERAL: 9

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS: 9

6. METODOLOGIA 10

7. MARCO TEÓRICO 10

8. MARCO NORMATIVO. 11

CAPITULO I: DESCRIBIR EL SISTEMA DE FUNDACIONES POSTENSADAS Y PREFABRICADAS UTILIZADO EN EL PROYECTO DOMO STOCKPILE DE LA MINERA QUEBRADA BLANCA, IQUIQUE. 12

CAPITULO II: DIAGNOSTICAR LAS INTERFERENCIAS Y PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS QUE SE GENERAN EN LA CONFECCIÓN E INSTALACIÓN DE LAS FUNDACIONES PREFABRICADAS. 17

INDICE FIGURA

1. INTRODUCCION

La prefabricación de piezas de hormigón industrializada adquiere gran importancia a partir de la 2° Guerra Mundial ante la necesidad de construir en corto plazo millones de viviendas en una Europa que se encontraba desbastada por los acontecimientos de esa época.

En chile a mediado de los años 60 se ocuparon las primeras piezas de hormigón prefabricado, utilizados en puentes construidos sobre el rio Biobío y el Malleco.

En 1988 se inaugura la primera empresa de postensado en chile, dando soluciones en postensado principalmente al área de edificación, losas y vigas.

Actualmente se está trabajando de forma innovadora con el sistema de Prefabricado y postensado en Minería. implementándose por primera vez en el proyecto minero Spence, (Antofagasta) y actualmente se está ejecutando la fase II del proyecto quebrada blanca, (Iquique) siendo el segundo proyecto minero en chile de estas características.

El proyecto de fabricación, montaje y postensado de fundaciones del Domo Stock Pile, Quebrada blanca fase II cuenta con un sistema de 152 piezas prefabricadas de hormigón de 7.2 metros de alto, con 15 ductos de zinc corrugado en su interior, montadas sobre un emplantillado de hormigón simple, formando una circunferencia con 4 portales de acceso y 2 canales subterráneos para el trasporte de los minerales hacia el sector de moliendas. El siguiente paso es la etapa de postensado, donde incluye el proceso de enfilado de 12 cables de 0,6”, por ducto, los cuales pasan por los diferentes arcos de las fundaciones del domo, para finalizar con el procedimiento de inyección de lechada.

2. EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Al momento del montaje de las piezas se debe hacer un trazado previo por parte del equipo de topografía el que se complementa con la verificación de la linealidad vertical y horizontal de los ductos. En el proceso se verifica que la mayoría de los ductos no tienen mayor problema en el enfrentamiento entre ellos, pero hay un patrón que se repite en 21 piezas de hormigón, el ducto N° 1 y 2 presentan una desviación mayor 30 mm, el cual es un problema de fabricación grave que debe ser reparado, mediante demolición de la base, corte, reemplazo de ducto y con un hormigonado G30 o mayor. Al tener una desviación tan desfavorable, el enfilado de cables no va a poder ejecutarse. Provocando la reparación del Precast que a su vez trae consigo un retraso para el resto de las actividades, siendo una actividad de la ruta crítica del programa de obras. Es por este motivo que se ha pensado en la propuesta de una solución constructiva al momento de la fabricación de las piezas.

3. INTERROGANTES DEL PROYECTO

- ✓ ¿Es posible hacer una modificación que no afecte la resistencia estructural las piezas de prefabricado?
- ✓ ¿Cuáles serían los beneficios al complementar con un material diferente a las piezas de hormigón armado prefabricado?
- ✓ ¿Protocolos existentes?
- ✓ ¿Existe normativa vigente y actualizada?

4. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Al momento del montaje y verificación del encuentro entre ductos y elementos prefabricados, los cuales deben estar alineados de manera vertical y horizontal, se observa una desviación reiterada en 21 elementos de los 154 instalados en este proyecto. Estas desviaciones impiden el correcto enfilado de cables y posterior postensado. De acuerdo a estos antecedentes, se comprende que las desviaciones no provienen del montaje sino de un problema de la confección de piezas de hormigón. Es por esto que se plantea un mejoramiento en el proceso constructivo para disminuir el margen de desviación de los ductos sin tener la necesidad de reparar las piezas de la manera tradicional, controlando así trabajos adicionales que no son considerados en la programación del proyecto, y evitando retrasos y costos adicionales.

El proceso constructivo que se propone consiste en aumentar la dimensión de los ductos inferiores para poder utilizar un doble encamisado de zinc corrugado con un material flexible en sus extremos permitiendo una mejor manipulación, y así lograr un correcto enfrentamiento entre ductos y no tener problemas de obstrucción al momento de enfilar los cables.

5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

5.1 OBJETIVO GENERAL:

- ✓ Proponer una solución constructiva a los problemas de enfrentamiento de los ductos de elementos prefabricados para el post tensado, correspondiente a las fundaciones del proyecto Domo Stockpile de la minera Quebrada blanca, Iquique.

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Describir el sistema de fundaciones Postensadas y prefabricadas utilizado en el proyecto Domo Stockpile de la minera Quebrada blanca, Iquique.
2. Diagnosticar las interferencias y problemas constructivos que se generan en la confección e instalación de las fundaciones prefabricadas.
3. Plantear una solución constructiva para la confección de piezas de hormigón prefabricadas, mejorando la manipulación de los ductos en los enfrentamientos, para futuros proyectos.
4. Evaluar económicamente las soluciones constructivas propuestas.

6. METODOLOGIA

- ✓ Recopilar información en terreno: mediante registros diarios de control de avance, registros fotográficos, toma de datos y medición de tiempo de las actividades, cubicaciones reales.
- ✓ Recopilar información para base conceptual: revisando especificaciones técnicas y procedimientos aplicables al proyecto.
- ✓ Entrevista con ingeniero calculista: intercambiando información de soluciones constructivas y estructurales para futuros proyectos
- ✓ Evaluación económica: realizando una comparación del proyecto original con la programación nueva.
- ✓ Analizar normativa vigente
- ✓ Diferenciar las cualidades del proceso constructivo

7. MARCO TEÓRICO

Postensado: Es un método de presfuerzo en el cual los cables de acero son tensados después de que el concreto ha fraguado.

Torón: Es un cable de acero constituido por un grupo de alambres dispuestos de manera helicoidal, fabricados para trabajar a tensión, introduciendo un esfuerzo de compresión en el hormigón. Esto mejora su comportamiento a las solicitaciones de cargas en la estructura.

Precast: Hormigón prefabricado que se produce mediante la colada del hormigón en un molde o "molde" reutilizable que luego se cura en un ambiente controlado, se transporta al sitio de construcción y se coloca en su lugar.

Enfilado: Dirigir o encaminar hacia un lugar determinado

Lechada: Pasta muy fluida de cemento y agua, y eventualmente adiciones.

8. MARCO NORMATIVO.

- ✓ NCH 430 1961 HORMIGÓN ARMADO – REQUISITOS DE DISEÑO Y CALCULO
- ✓ NCH 1537 1996 DISEÑO ESTRUCTURAL - CARGAS PERMANENTES Y CARGAS DE USO
- ✓ NCH 2369 2003 DISEÑO SISMICO DE ESTRUCTURAS E INSTALACIONES INDUSTRIALES
- ✓ NCH 3171 2010 DISEÑO ESTRUCTURAL - DISPOSICIONES GENERALES Y COMBINACIONES DE CARGA
- ✓ D.S 60 2011 DECRETO SUPREMO N°60
- ✓ Norma ASTM A416M ESPECIFICACIÓN ESTANDAR PARA EL TORÓN

CAPITULO I: Describir el sistema de fundaciones Postensadas y prefabricadas utilizado en el proyecto Domo Stockpile de la minera Quebrada blanca, Iquique.

El Proyecto Quebrada Blanca Fase 2 (QB2) es uno de los recursos de cobre no desarrollados más grandes del mundo. Cuando se complete, QB2 será un activo de primera clase, con bajos costos operativos, una vida útil inicial de la mina de 28 años y un significativo potencial de crecimiento adicional, Con una inversión de US$5.200 millones, el proyecto Quebrada Blanca Fase 2 (QB2) es la iniciativa privada en minería más grande que se está construyendo Sudamérica.

El alcance del proyecto incluye la construcción de una concentradora de 143.000 toneladas por día e instalaciones relacionadas, que están conectadas a un nuevo puerto y a una nueva planta desalinizadora a través de un concentraducto y a tuberías de agua desalinizada de 165 kilómetros de longitud. El costo de capital para el desarrollo del proyecto se estima ahora en US$ 4.739 millones al 1° de enero de 2019 (en dólares constantes del segundo trimestre de 2017, sin incluir el capital de trabajo, escalamiento o intereses durante la construcción, y suponiendo un tipo de cambio CLP/USD de 625).

La fase 2 de quebrada blanca cuenta con 4 áreas más relevantes:

- Área Minería
- Área pampa
- Área obras lineales
- Área Puerto

Área Minera contempla la construcción del chancador primario, las correas overland, los dos túneles de recuperación, junto con sus correas de trasporte a molienda y el Stock pile, que consiste en una estructura con un domo de estructura de acero y una fundación de hormigón postensado ocupado por segunda vez en la minería en Chile. Este proyecto se centra la construcción de las fundaciones del domo Stock Pile que consiste en la fabricación de 142 piezas de hormigón confeccionadas en la comuna de Alto Hospicio y 10 piezas hechas in situ, montaje y posicionamiento de los precast y tensado del total de las piezas de hormigón armado, la estructura cuenta con 4 portales de acceso y 2 túneles de recuperación.

Cada Pieza esta compuesta por 15 ductos de zinc corrugados (4 fundaciones y 11 muro) los cuales pasan por el interior del prefabricado y cumplen a la función de encamisado para poder realizar un correcto enfilado de cables antes de tensar.

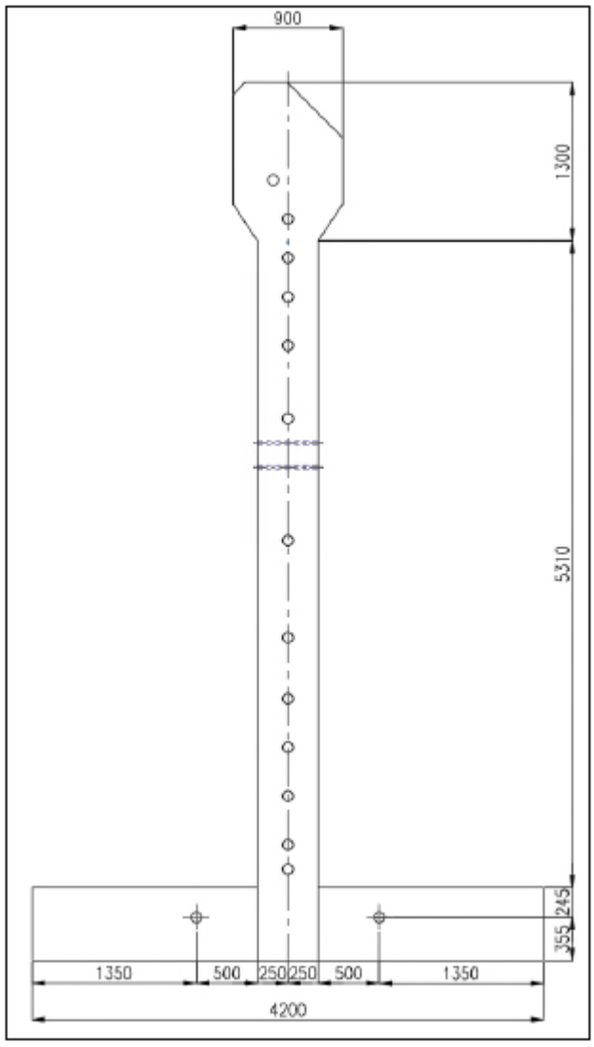


Imagen 1 Sección transversal Prefabricados de Hormigón.

Una vez transportadas las piezas desde Alto Hospicio a la minera, comienza el proceso de montaje de los precast, (montadas por la empresa Echeverria Izquierdo Montajes Industriales S.A (EIMISA) y aprobados por la empresa especialista VSL Chile, y respaldados por un informe topográfico).

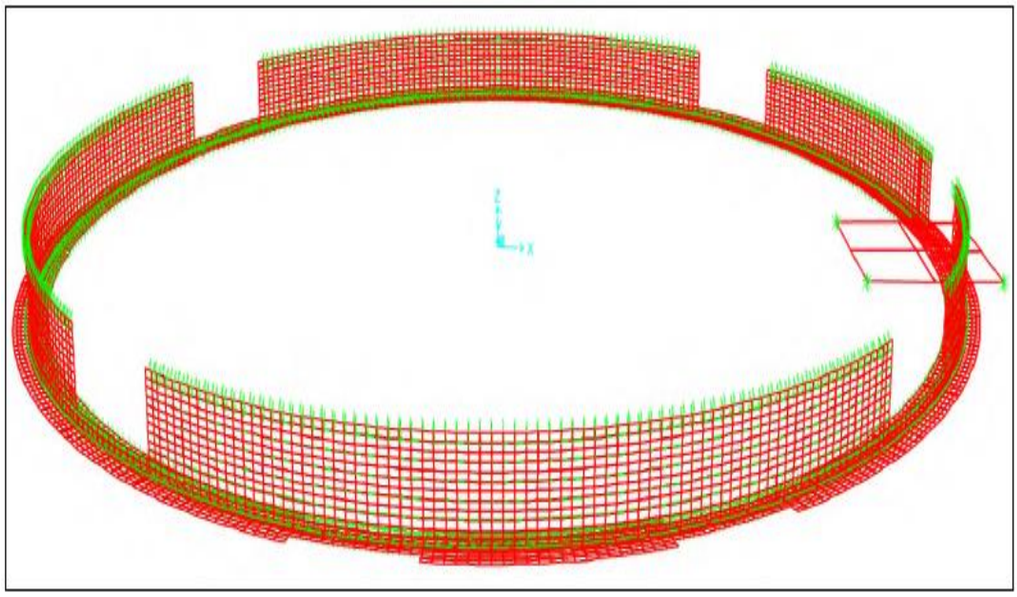


Imagen N°2 Proyección de fundaciones prefabricadas.

Imagen N°3, Montaje de piezas completo.

simultáneamente se realizan los trabajos de acoplamiento y sello entre los enfrentamientos de ductos, utilizando una copla del mismo material de los ductos sujetas por alambre y selladas por una capa de cinta adhesiva para evitar el paso de lechada y hormigón de las juntas.

Imagen N°4 Instalación de Coplas y Sellos.

Una vez terminado el proceso completo de instalación de coplas y sellos se debe realizar los trabajos del enfilado de Cables, el cual consiste en pasar 10 y 12 cables por cada ducto, según corresponda, asegurándose de que cada encamisado tenga la cantidad de cables que le corresponde según planos. Para esto se ocupa la maquina electrohidráulica impulsadora de cables compuesta por el tren de rodillos, una bomba hidráulica, control para el manejo de máquina.

Imagen N°5 Enfiado de Cables.

Continuando con el proceso de hormigonado de juntas frías y posterior tensado de los tendones, los cuales pueden ser de forma simple o simultanea dependiendo de las instrucciones entregadas por el departamento de ingeniería y siguiendo la secuencia del programa de tensado, todo el proceso constructivo de este sistema debe ser complementado con la ultima etapa “inyección de lechada” el cual sirve para el recubrimiento de los tendones y evitar daño de corrosión y desgaste de los cables.

Imagen N°6 Instalación Equipo de Tensado.

CAPITULO II: Diagnosticar las interferencias y problemas constructivos que se generan en la confección e instalación de las fundaciones prefabricadas.

Al momento de hacer la revisión del montaje de los elementos prefabricados, se logra diagnosticar que hay una desviación considerable en los enfrentamientos de los ductos de las fundación interiores y exteriores, excediendo la tolerancia que permiten las especificaciones técnicas (10 mm), siendo 21 elementos prefabricados que tienen desviación en los ductos nombrados.

Imagen N°7 desviación < 10mm

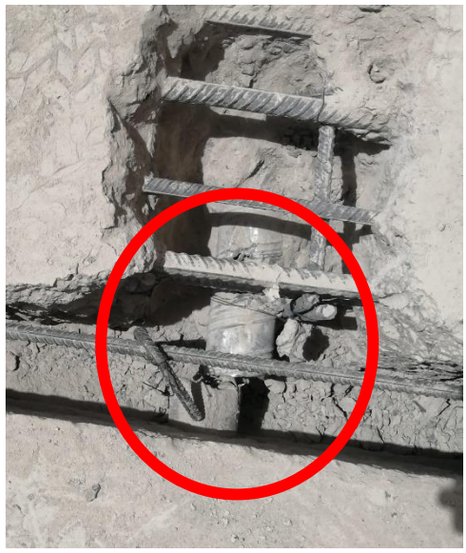


Imagen N°8 desviación > 10 mm

En la mayoría de los casos las desviaciones verticales y/o horizontales alcanzan una distancia de 30 mm, el cual trae consigo múltiples inconvenientes para la secuencia constructiva de trabajo. El primer diagnóstico es un problema de obstrucción al momento de hacer los trabajos de enfilado de cables, en el cual se logró deducir que fue un problema de fabricación de los elementos de hormigón, debido a que 13 de los 15 ductos estaban alineados correctamente de manera vertical y horizontal.

El problema de este diagnóstico son las múltiples desventajas que provocan al momento de seguir con el proceso constructivo, partiendo por la reparación de cada una de las desviaciones, que por especificaciones técnicas no estaban contempladas en el proyecto, teniendo que realizar una medida alternativa al proceso original de construcción,

utilizando el ultimo recurso, interviniendo la zona de la pieza de hormigón afectada, picando alrededor del ducto desviado hasta dejar este con un movimiento libre que permita manipular el encamisado de tal manera que los ductos queden con un enfrentamiento correcto. Posteriormente se debe reemplazar el ductor dañado y acoplarlo con su par en el enfrentamiento, con alambre, finalizando el proceso con el sello de coplas y nuevo hormimgonado.

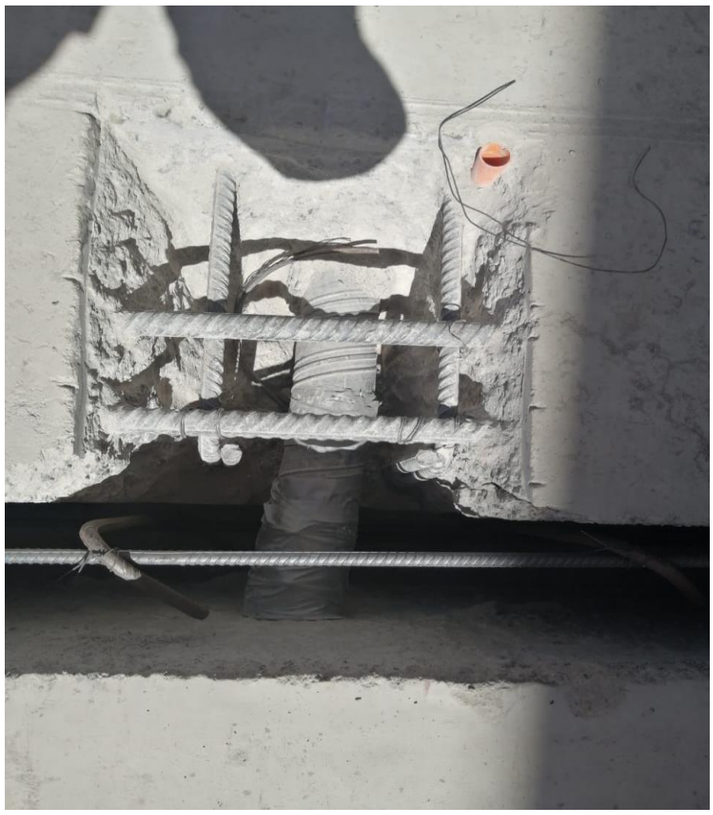


Imagen N°9 reparación en terreno.

Segunda etapa del diagnóstico, al verificar cuantos prefabricados tienen problemas de desviación vertical y/o horizontal y tomar la medida de reparación correspondiente, la programación de la obra cambia, por concepto de no calidad, es decir que por el problema producido se debe hacer una reprogramación de obra, considerando el tiempo y mano de obra que se debe utilizar en esta actividad. En un inicio la reprogramación de obra no consideraba aumentar el recurso de mano de obra, por lo que el proyecto había aumentado el plazo de termino en 30 días.

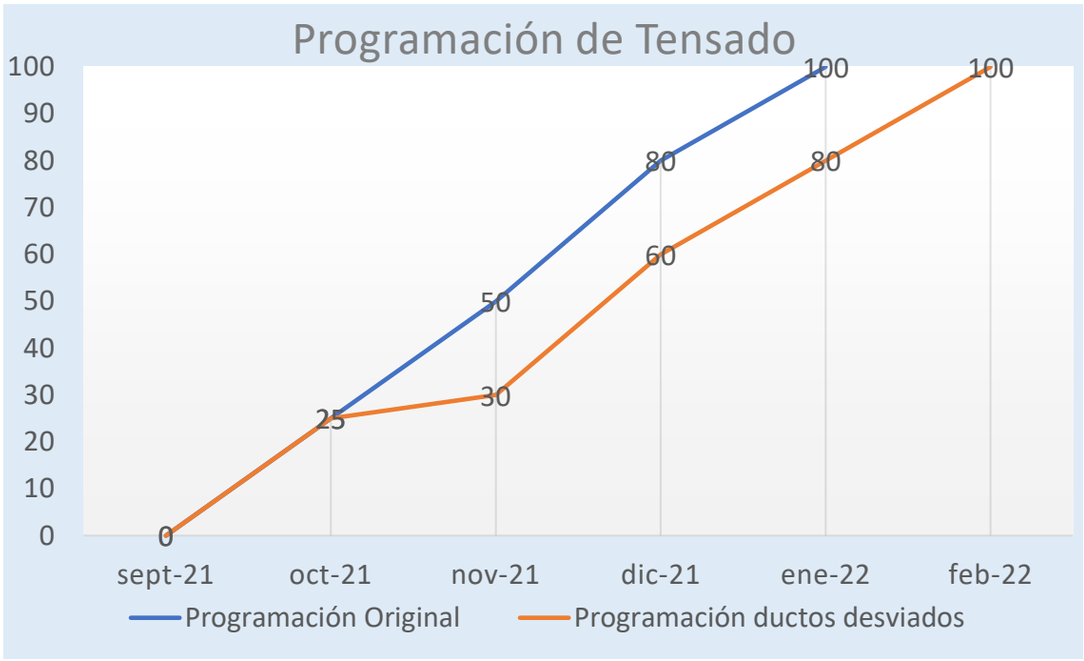


Imagen N°10 Grafico reprogramación de obras.

Luego de analizado este caso se llegó a un acuerdo con la empresa mandante de hacer el ingreso de 4 personas, que tomarían el rol de prestar apoyo en la tarea de reparación de ductos y hormigones. La idea es terminar el proyecto en el tiempo original, pero aumentando la mano de obra (HH) y por consecuencia aumentar el costo del proyecto.

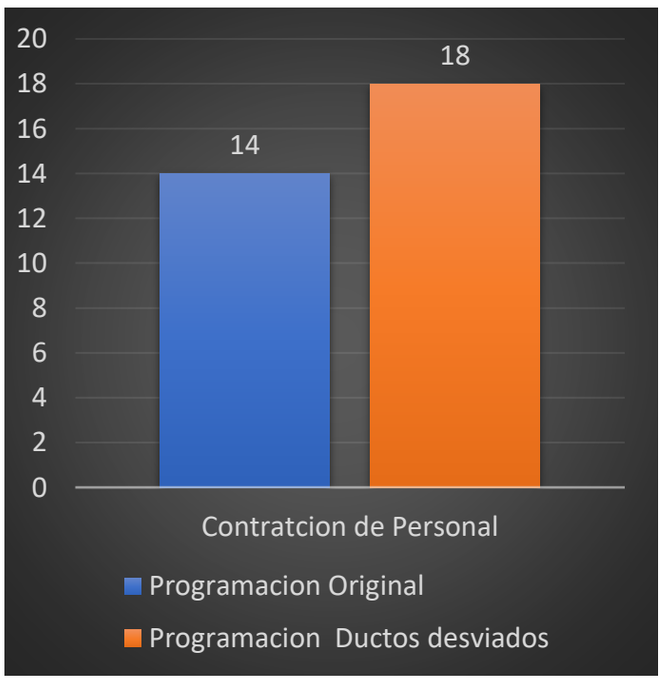


Imagen N°11 Grafico aumento de mano de obra.

El personal de apoyo que ingresó a la obra está contratado por la empresa mandante, y solo prestará ayuda por el tiempo que dura la actividad (30 días), mientras que los gastos y sueldos de estos trabajadores serán devueltos a EIMISA al finalizar el contrato. Esto quiere decir que la mano de obra en el mes de octubre(donde se detectaron los problemas de enfrentamiento) aumentó en un 22%, es decir aumentan los gastos operacionales del proyecto.