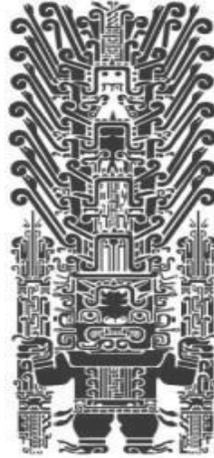


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**PLANTEAMIENTO DEL MEJORAMIENTO DEL SUELO
EMPLEANDO RELLENO FLUIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
LOS EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN LA OBRA CASA CLUB
RECREA “LOS NOGALES”, DISTRITO DE EL AGUSTINO, LIMA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
VILCAS_CARRASCO_JESÚS_MIGUEL_TÍTULO_2018**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.

LIMA-PERÚ

2018

HOJA DE RESPETO

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo sin límites, y a toda mi familia, por alentarme siempre.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, y a todos los
catedráticos que en ella laboran, por toda la instrucción recibida.

RESUMEN

La presente tesis titulada “PLANTEAMIENTO DEL MEJORAMIENTO DEL SUELO EMPLEANDO RELLENO FLUIDO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS EDIFICIOS MULTIFAMILIARES EN LA OBRA CASA CLUB RECREA “LOS NOGALES”, DISTRITO DE EL AGUSTINO, LIMA”, tiene la finalidad de brindar una alternativa de solución a los problemas de suelos, para estructuras donde los procedimientos tradicionales de compactación no son suficientes ante las exigencias solicitadas.

El relleno fluido es un material que por su estructura interna permite clasificarse como una alternativa de solución; este tipo de relleno se auto compacta bajo su propio peso, no se sedimenta, es de fácil nivelación, mínima retracción de fraguado, tiene una densidad controlada (con lo cual se disminuye su peso propio) y al ser fluido llega a áreas de difícil acceso.

En el Perú se ha visto como único sistema de rellenos de suelo la compactación con maquinaria. Hoy en día, en varias partes del mundo se utilizan nuevos métodos para rellenos como son los “Rellenos Fluidos”. La presente tesis, expone un estudio que está basado en ensayos de laboratorio normados por la ASTM y desarrollo de oficina. Los resultados obtenidos al final de la investigación intentan demostrar, que, según el tipo de proyecto a ejecutar, el método de mejoramientos de suelos deficientes empleando relleno fluido puede llegar a ser una alternativa para cumplir los tiempos de entrega para posteriores proyectos donde sea rentable y eficiente.

PALABRAS CLAVE: MEJORAMIENTO DEL SUELO, RELLENO FLUIDO.

ABSTRACT

The present thesis entitled "PLANNING OF SOIL IMPROVEMENT USING FLUID FILLING FOR THE CONSTRUCTION OF MULTI-FAMILY BUILDINGS IN THE WORK HOUSE CLUB RECREA" LOS NOGALES ", DISTRICT OF EL AGUSTINO, LIMA", has the purpose of offering a solution alternative to the Soil problems, for structures where traditional compaction procedures are not sufficient in the face of the requested demands.

The fluid filling is a material that due to its internal structure allows it to be classified as an alternative solution; this type of filling is self-compacting under its own weight, it does not sediment, it is easy to level, it has minimal shrinkage, it has a controlled density (which decreases its own weight) and, being fluid, it reaches hard-to-reach areas.

In Peru it has been seen as the only landfill system compaction with machinery. Nowadays, in different parts of the world, new methods for fillers are used, such as "Fluid Fillers". This thesis, exposes a study that is based on laboratory tests regulated by the ASTM and office development. The results obtained at the end of the research attempt to demonstrate that, depending on the type of project to be executed, the method of improving deficient soils using fluid fill can become an alternative to meet delivery times for subsequent projects where it is profitable and efficient.

KEY WORDS: SOIL IMPROVEMENT, FLUID FILLING.

INTRODUCCIÓN

En su gran mayoría las obras de ingeniería civil comienzan en el suelo, siendo esta parte fundamental de una estructura; en el suelo comienzan y sobre el descansarán. En escasas ocasiones se encuentra un suelo que en su estado natural no necesita la intervención del hombre para modificar sus características físicas y mecánicas para formar parte de una estructura, un material debe cumplir con los requerimientos deseados y para poder saber sus capacidades deben hacerse ensayos que den la información necesaria.

Los materiales que no cumplen con los requisitos específicos para cada estructura, se tiende a sustituir por materiales con mejores características, por costumbre se han usado los materiales granulares para hacer bases, sub-bases, encamamientos para tuberías, etc., que mediante un buen diseño de espesores, un efectivo control de calidad de los materiales y una adecuada compactación llegan a brindar un adecuado soporte a estructuras como calles, cimientos y muros de contención entre otros.

Una idea atractiva para realizar este tipo de tareas es utilizar los materiales existentes en el lugar, aunque no todos los materiales son utilizables hay algunos que con ayuda de otros materiales de fácil acceso como cal hidratada o cemento pueden modificar características físicas y mecánicas de los suelos y generar significativos ahorros en costos y tiempo.

El relleno fluido es una alternativa al relleno granular compactado, considerando los ahorros en fuerza de trabajo, equipos y tiempo. Partiendo de que no necesita compactación manual, el ancho de la zanja o el tamaño de la excavación es significativamente menor. La colocación del relleno fluido no requiere de personas dentro de la excavación, lo que representa un significativo grado de seguridad; es además como se mencionó una solución excelente para el relleno de áreas inaccesibles, donde el relleno compactado no puede ejecutarse.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes	10
1.2 Formulación del problema	11
1.3 Justificación e importancia	11
1.4 Objetivos	12
1.5 Hipótesis	12

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto de Mejoramiento de Suelos	13
2.2 Métodos de mejoramiento de suelos	15
2.3 El relleno fluido	39
2.4 Definición de términos	53

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1 Alcances sobre el proyecto	58
3.2 Ubicación	59
3.3 Accesibilidad	59
3.4 Límites y linderos	59

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1 Descripción general	60
4.2 Ingeniería del proyecto	60
4.3 Estudios de mecánica de suelos	62

CAPÍTULO V: EMPLEO DEL RELLENO FLUIDO EN LA OBRA CASA CLUB RECREA LOS NOGALES

5.1 Consideraciones preliminares de diseño del relleno fluido	68
5.2 Colocación del relleno fluido	70
5.3 Sectorización de vaciado del relleno fluido	71
5.4 Presupuesto	73

CAPÍTULO VI: PRODUCTIVIDAD EN OBRA

6.1 Productividad con Carmix	80
6.2 Productividad con planta dosificadora	85

CONCLUSIONES	108
---------------------	------------

RECOMENDACIONES	109
------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA	110
---------------------	------------

ANEXOS

• Anexo 01: Vistas 3D del prototipo de obra finalizada	112
• Anexo 02: Planos	115
• Anexo 03: Presupuesto General de la Obra	118

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

- **ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

El primer estudio de rellenos fluidos fue dado a conocer en el año 1964. Este fue efectuado por el "U.S. Bureau of Reclamation". Al término de este análisis se comprobó que los rellenos fluidos eran muy versátiles; por esta razón, en varias partes del mundo, se han comenzado a utilizar como sustituto de los rellenos de suelo comunes (suelo compactado). Países como Estados Unidos, México y Canadá han visto a ésta como una alternativa fácil y rápida de aplicar en cualquier tipo de problema que se refiera a rellenos.

- **ANTECEDENTES NACIONALES**

En el Perú se utilizan rellenos de suelo compactado. En cuanto a esta técnica, se denota que su implementación toma demasiado tiempo, requiere gran cantidad de mano de obra, maquinaria pesada y la obtención de numerosas muestras de campo. Otro punto desfavorable es que este tipo de técnicas restringen al ingeniero, porque en varios casos el peso propio del relleno representa una gran carga muerta, lo que da lugar a diseños de mayor tamaño y por ende de mayor costo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué alternativa de mejoramiento de suelos es la adecuada para poder realizar la construcción de los edificios multifamiliares Casa Club Recrea Los Nogales?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué criterios constructivos debemos tomar en cuenta en el empleo de relleno fluido?
- ¿Cómo se puede optimizar la productividad en el vaciado del relleno fluido?
- ¿Qué beneficios posee el método de mejoramiento de suelos con relleno fluido en el ámbito de rentabilidad y eficiencia?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El relleno fluido es una alternativa al relleno granular compactado, con el cual logramos ahorros en fuerza de trabajo, equipos y tiempo. Partiendo de que no necesita compactación manual, el ancho de la zanja o el tamaño de la excavación es significativamente menor. La colocación del relleno fluido no requiere de personas dentro de la excavación, lo que representa un significativo grado de seguridad; es además una solución excelente para el relleno de áreas inaccesibles, donde el relleno compactado no puede ejecutarse.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Plantear la mejora del suelo empleando el relleno fluido como base de cimentación para vivienda de edificios multifamiliares del proyecto Casa Club Recrea Los Nogales.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la experiencia de la obra Casa Club Recrea Los Nogales, donde se aplicó el relleno fluido satisfactoriamente.
- Optimizar la productividad en el vaciado del relleno fluido.
- Evaluar los beneficios del método de mejoramiento de suelos empleando relleno fluido y determinar si puede llegar a ser una alternativa factible para cumplir los tiempos de entrega para posteriores proyectos.

1.5. HIPÓTESIS

A través del planteamiento para la mejora del suelo empleando el relleno fluido se podrá realizar una correcta cimentación para los edificios multifamiliares del proyecto Casa Club Recrea Los Nogales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. MEJORAMIENTO DE SUELOS

Las técnicas de mejoramiento de suelos consisten en modificar las características de un suelo por una acción física (vibraciones, por ejemplo) o por la inclusión en el suelo de una la mezcla del suelo con un material más resistente, con el fin de:

- Aumentar la capacidad y/o la resistencia al corte.
- Disminuir los asentamientos, tanto absolutos como diferenciales, y acelerarlos cuando sucedan.
- Disminuir o eliminar el riesgo de licuefacción en caso de terremoto o de vibraciones importantes.

Los ámbitos de aplicación de las distintas técnicas dependen esencialmente de la naturaleza y la granulometría de los terrenos que se desea mejorar.

Luego es menester analizar el suelo, según el uso y/o empleo que del mismo hagamos en nuestra Obra.

El suelo como material ingenieril, se diferencia de la piedra, la madera y otros materiales naturales por el hecho de que puede ser modificado para darle las características deseadas.

La mejora del suelo es una práctica antiquísima que permite construir en terrenos con condiciones marginales, por lo que se emplea con frecuencia en la ingeniería geotécnica contemporánea.

La corrección se realiza a través de métodos aplicados in situ o mediante la construcción de rellenos artificiales.

En cualquier caso, los objetivos son una mayor capacidad de carga y la prevención de asentamientos. Se han desarrollado muchas técnicas, como densificación, sobrecarga, nivelación y construcción de rellenos, que gozan de amplia aceptación.

Estos métodos han sido la causa, en buena medida, del creciente uso de terrenos marginales a bajo costo.

Dentro de las primeras etapas del proyecto y construcción de una obra existe una muy importante que se refiere al adecuado conocimiento de las condiciones del subsuelo, en particular de su estratigrafía y propiedades, para determinar si es adecuado o requiere de mejoramiento.

Hasta hace años, los tratamientos de suelos en la construcción solo tenían bases empíricas. En la actualidad los conocimientos sobre este campo se basan en estudios sistemáticos, con fundamento científico y corroborado mediante la experimentación.

El proceso de mejoramiento de suelos debe responder una pregunta fundamental: ¿Qué método y equipo debe emplearse para obtener en un suelo las propiedades mecánicas que especifique un proyecto?

En general puede decirse que todos los suelos pueden ser mejorados, pero su proceso y costo son muy diferentes.

El presente capítulo muestra una clasificación de distintos métodos de mejoramiento de suelos, describiendo su procedimiento y aplicación de cada uno de ellos.

Entre las mejoras que muchas veces se requieren en un suelo están el aumento de su compacidad (en el caso de los granulares) y la reducción de susceptibilidad a cambios volumétricos (en los suelos arcillosos).

Todo proceso de mejoramiento implica una doble acción sobre la estructura de los suelos: un rompimiento y cambio de la estructura original que el suelo tenía y la modificación del arreglo o acomodo de sus partículas.

2.2. MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE SUELOS

Se conoce como mejoramiento de suelos al proceso mediante el cual se someten éstos a cierto tratamiento, de modo que se mejoren sus propiedades físicas o de ingeniería para obtener un terreno firme, estable, capaz de soportar adecuadamente cargas y condiciones ambientales.

En la etapa del estudio geotécnico de un proyecto de mejoramiento debe investigarse la naturaleza y propiedades de los suelos.

El mejoramiento puede lograrse por varios procedimientos entre los que se incluyen los citados en los siguientes subincisos.

2.2.1 Mezclas

Este método se utiliza para mejorar un suelo mediante la combinación de los suelos con agentes estabilizadores.

Existen mezclas de suelos y mezclas con productos químicos, como enseguida se trata.

a) Mezclas de suelos

Este tipo de estabilización es de amplio uso.

Los suelos de grano grueso, como grava-arena, tienen una fricción interna alta, lo que les permite soportar grandes esfuerzos; sin embargo, esta cualidad no hace que sean estables para ser usadas como material de base en una carretera, ya que al carecer de cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos pueden separarse.

Las arcillas, al contrario, tienen notoria cohesión y poca fricción, lo que provoca que pierdan estabilidad ante humedades altas.

La mezcla adecuada de los dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se aprovecha la fricción interna de uno y la cohesión del otro. Sin embargo, la sola mezcla no logra producir los efectos deseados; se requiere además la compactación.



Mezcla de suelos. Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

b) Mezclas con productos químicos

Se refiere principalmente a la utilización de sustancias químicas que involucran la sustitución de iones metálicos y cambio en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

Se han usado gran número de productos químicos con este fin, la mayoría de ellos con resultados satisfactorios, pero requieren del estudio y asesoría de especialistas, tanto durante la etapa de diseño como de construcción.

➤ Mezclas con cal

La cal disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es relativamente económica. Los porcentajes que se utilizan varían normalmente del 2 al 6% con respecto al peso seco del material por mejorar.

Es recomendable no usar porcentajes mayores, ya que, aunque se aumenta ligeramente la resistencia hay un incremento en la plasticidad.

La dosificación del cementante dependerá del tipo de suelo y debe determinarse en el laboratorio.

Para analizar a los suelos estabilizados con cal se realizan usualmente los siguientes ensayos de laboratorio: límites de Atterberg, granulometrías, valor cementante, equivalente de arena y valor relativo de soporte (VRS). La estabilización con cal no es muy efectiva en suelos granulares.

El mezclado puede realizarse en planta o en campo, obteniéndose mejores resultados en el primer caso. Puede agregarse en forma de lechada, a granel o en sacos (Fig.2). Si se agrega en forma de lechada, ésta se disuelve en el agua que se integra a la compactación.

Cuando se efectúa el mezclado en campo, el material por mejorar debe estar disgregado y acamellonado; se abre una parte y se le agrega la cal distribuyéndola en el suelo, para después hacer el mezclado en seco.

Se recomienda agregar una ligera cantidad de agua para evitar el polvo. Después se agrega el agua necesaria y se tiende la mezcla dándole un

curado hasta de 48 horas, el cual consiste en mantener la superficie húmeda por medio de un rociado ligero.

Se recomienda no hacer la estabilización cuando haya riesgo de lluvia o cuando la temperatura ambiente sea menor a 5 ° C.



De izquierda a derecha: Mezcla con cal a granel - Mezcla de cal en forma de lechada

Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

➤ Mezcla con cemento Pórtland.

Se usa principalmente en suelos granulares (arenas y gravas finas). El cemento mezclado con el suelo mejora las propiedades mecánicas de éstos, dando como resultado la disminución de la relación de vacíos y de la plasticidad de los suelos, así como un aumento en su resistencia y durabilidad.

La estabilización consiste en agregar cemento Portland en cierta proporción (usualmente 3 – 8 % por volumen de mezcla).

Por economía de las obras es necesario ajustar el porcentaje de cemento con base en ensayos de laboratorio y campo.

Algunas de las características del suelo que deben tomarse en cuenta para la estabilización son: su granulometría, limitando que los materiales no contengan partículas con tamaño superior a 6.0 cm, que el porcentaje que pasa por la malla 200 sea menor del 50% y estableciendo un límite líquido e Índice de plasticidad adecuados.



Aplicación del Suelo – Cemento con escarificador.

Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

El éxito de la estabilización con cemento depende del contenido de éste, del contenido de agua y de su compactación. Las mezclas deben someterse a diversos ensayos en laboratorio, entre ellos: compactación, durabilidad y resistencia a la compresión simple, que aparte de su objeto específico, servirán para dosificar el cemento que se empleará en la mezcla.

El suelo que se mezclará con cemento debe pulverizarse y esparcirse sobre la superficie para lograr la proporción adecuada de la mezcla.

Es conveniente hacer la distribución del cemento con equipo especializado (pulvimixer) para lograr un mezclado uniforme. También pueden usar discos rotatorios de arado hasta que se determine un mezclado total. La mezcla puede hacerse en seco o en húmedo.

La adición del agua debe ser uniforme en toda la zona, cuidándose de que no quede depositada en huecos. El curado se realiza con un riego de agua, en proporción de 0.5 a 1.0 l/m², Se pueden utilizar excavadoras, empujadoras, traíllas escarificadoras (motoescrapas), niveladoras rodillos vibradores, apisonadoras y rodillos lisos.

➤ Mezclas con productos asfálticos.

En este tipo de estabilizaciones, las emulsiones asfálticas son las más usadas, ya que pueden emplearse con pétreos húmedos y no necesitan altas temperaturas para hacerlas maniobrables. Existen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido.



Estabilización del suelo con asfalto. Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

La capa a mejorar debe estar completamente terminada. No se debe hacer la estabilización con mucho viento, temperaturas inferiores a 5° C o lluvia. La dosificación depende de la granulometría de los suelos.

Los suelos finos requieren mayor cantidad de bitumen, y de ellos los plásticos no pueden estabilizarse a costos razonables debido a la dificultad para pulverizarlos y cantidad de bitumen necesario.

En general, la cantidad de bitumen varía entre 4% y 7%; en todo caso la suma de agua para compactación más el bitumen no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada. También se puede estabilizar con ácido fosfórico, fosfato de calcio (yeso), resinas y polímeros.

2.2.2 Precargas

Consisten en aplicar al terreno de cimentación cargas previas a las normales de operación de las estructuras en proyecto. Tienen como objetivo principal disminuir la compresibilidad e incrementar la resistencia de los suelos cohesivos blandos. Las precargas usuales son terraplenes o plataformas de materiales térreos (Fig. 5); en ocasiones se ha usado el abatimiento del nivel freático para proporcionarlas, pero esto es muy costoso por el bombeo continuo.

La precarga con plataformas es de uso frecuente en México por su facilidad de ejecución, aunque tiene la desventaja de requerir mayor área de trabajo y en algunos casos, en los que no se usa el material con el que se aplicó, un costo mayor. Para tanques de almacenamiento la precarga puede proyectarse en dos etapas: la primera la constituye el terraplén estructural del propio tanque, construido con las especificaciones propias para ese fin y la segunda es propiamente la precarga que por facilidad y economía se forma con materiales colados al volteo y bandeados hasta la elevación máxima prevista.



Terraplenes de carga. Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

La precarga se inicia con el desmonte y despalme del área, seguido del tendido en capas del material.

Como ya se citó, desde un inicio puede formarse un terraplén estructural, compactado conforme a las normas y especificaciones previstas en el proyecto, lo cual en cimentaciones de tanques de almacenamiento tiene alguna ventaja sobre los materiales no controlados, como menor costo y tiempo de construcción, ya que se usa la misma estructura de proyecto.

Sin embargo, presenta desventajas como la de un mayor riesgo en caso de falla o colapso y la necesidad de renivelación en el fondo una vez efectuadas las pruebas hidrostáticas.

Para conocer el comportamiento del subsuelo y el efecto de la precarga se instala instrumentación geotécnica.

El propósito de dicha instrumentación es observar la respuesta de la cimentación bajo el programa de precarga, construcción y pruebas hidrostáticas.

Consiste principalmente en realizar nivelaciones de precisión en bancos superficiales para determinar los hundimientos generados y en instalación de piezómetros que permitan conocer la evolución de la presión de poro en el subsuelo (Stamatopulos, y Kotzias, 1990).

2.2.3 Mejoramiento por vibrado

Entre los procedimientos de mejoramiento por vibración se encuentra la vibrocompactación, la vibroflotación, la vibrosustitución y el vibrohincado cuyos aspectos relevantes son los siguientes:

a) Vibrocompactación:

El método se ha aplicado con éxito hasta 10 - 15 m de profundidad, pero pueden alcanzarse 20 m con un vibrador poderoso. Se debe verificar la densificación del material después de que el suelo ha sido vibrado; para ello se realizarán sondeos de penetración estándar o de cono, comparando sus resultados con determinaciones iniciales en la misma área.

En la aplicación de este método se ha observado lo siguiente: a) los primeros 1 - 2 m generalmente no quedan densificados y deben compactarse después con un equipo de compactación superficial; b) si el suelo contiene capas limosas o arcillosas éstas no se logran compactar; c) la resistencia de punta en sondeos de cono puede incrementarse entre 50% y 100%; d) la compactación relativa requerida (de 60 a 80 %, y en algunos casos 100 %) se puede alcanzar; y el suelo se asienta de 7 a 10 % (SMMS, 1957).

El grado de densificación alcanzado dependerá de la intensidad de la vibración generada y de las propiedades del suelo, en particular su composición y forma de los granos.

El método es más efectivo en arenas limpias. Se han logrado mejoramientos a profundidades de 30 m, pero las típicas son de 9 a 15 m.



Equipo para trabajos de vibrocompactación.

Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

El mejoramiento que se logre depende, como ya se dijo, del tipo de suelo, además del espaciamiento de los puntos de vibrocompactación y del tiempo de mejora.

Los asentamientos medidos en suelos granulares alcanzan del 5 a 15% de la profundidad tratada.

Se ha visto que el procedimiento es más eficiente en materiales granulares con contenido de finos no mayor de 10 a 15%. El efecto de la densificación disminuye conforme aumenta la distancia horizontal respecto al vibrador.

La licuación inducida durante el tratamiento es total hasta distancias de 30 a 50 cm del vibrador, siendo nulo el efecto a 2.5 m debido al amortiguamiento del propio terreno.

b) Vibroflotación:

El dispositivo principal del sistema es el llamado "Vibroflot" (según la patente americana), que consiste en un vibrador de grandes dimensiones, dotado con boquillas para lanzar agua a presión (chiflón).

La densificación se logra mediante la acción combinada de vibración y del chiflón. El método consiste en hincar en el terreno el vibrador, que puede tener 40 cm de diámetro, 183 cm de longitud y 2 t de peso.

Con su masa excéntrica interna, el vibrador puede desarrollar una fuerza horizontal de 10 t a 1800 rpm, desplazándose lateralmente del orden de 2 cm.

Para facilitar su hincado y en general su funcionamiento, tiene chiflones de agua tanto en su parte inferior como superior, con los cuales puede suministrar agua a razón de 4 a 5 lts/seg (60 a 80 gpm) con una presión de 4 a 6 kg/cm² (60 a 80 psi).

Los huecos dejados por el vibrador se van rellenando con material granular (Vieitez, 1979).



Equipo de vibroflotación. Fuente: SOILTAC SOIL PERÚ S.A.C.

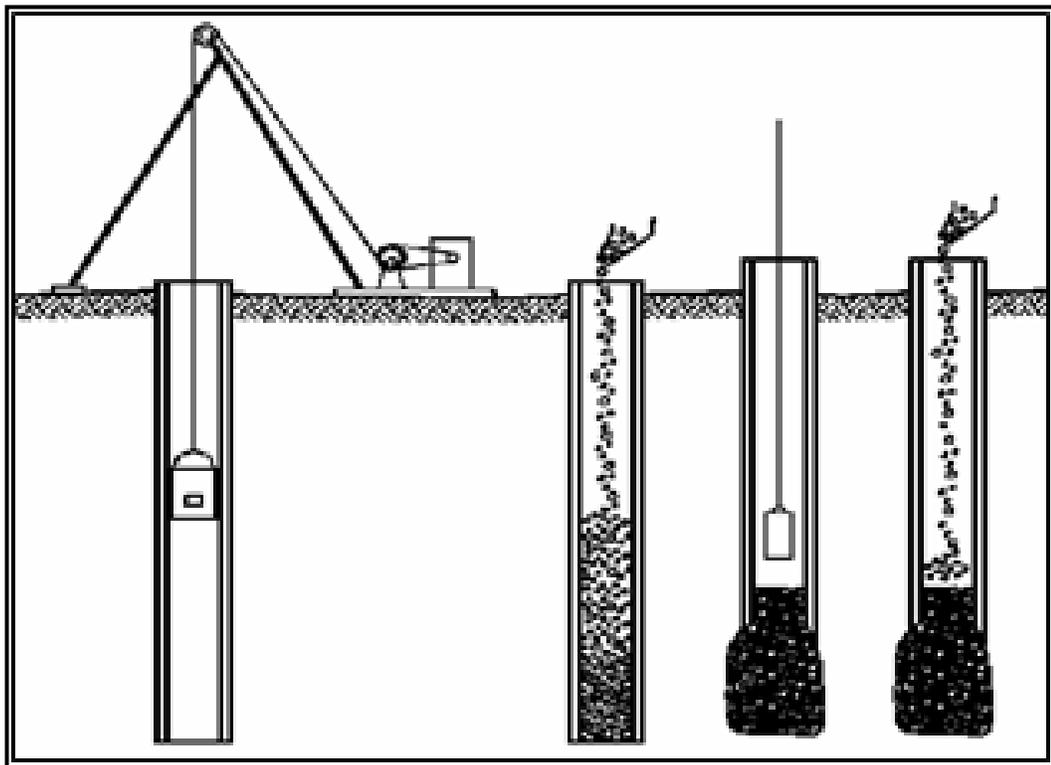
Con este procedimiento se forman columnas de 2.4 a 3.0 m (8 a 10 pies) de diámetro en cada penetración del vibrador. El grado de compactación es máximo al centro de la columna y decrece radialmente.

La experiencia indica que el método también es más eficiente en suelos arenosos limpios, de preferencia gruesos. Dado que se introduce suficiente agua en el terreno en la zona por tratar, para asegurar la saturación del material, la ubicación del nivel freático no afecta la aplicabilidad del método.

c) Vibrosustitución:

En suelos cohesivos blandos y en depósitos orgánicos se han usado con éxito columnas de grava formadas por Vibroflotación. Esto es una variante del proceso original y se le conoce también como vibrosustitución.

En este método el Vibroflot forma una perforación vertical a través de un terreno blando, el cual posteriormente es llenado con grava o piedra triturada, además de ser compactado por el propio vibrador.



Drenes de arena y grava.

Fuente: GBC Cimentaciones. México.

El método permite incrementar la densidad del suelo y proporcionar drenaje para disipación de la presión de poro.

Al introducir un elemento rígido se ocasiona una disminución de esfuerzos en el suelo, ya que habrá una mayor concentración en los elementos rígidos, además de una deformación limitada.



o

s de vibroflotación.

Fuente: GBC Cimentaciones. México.

Al no ser totalmente rígidas, las columnas de piedra tienden a experimentar cierta deformación lateral cuando se aplican cargas, transmitiendo presiones laterales al suelo que las circunda. Tiene como limitante su costo que puede ser elevado.

La zona de influencia del drenaje por los drenes es limitada aproximadamente a un diámetro desde el centro de los drenes.

La grava debe ser bien graduada para prevenir la obstrucción y para que se tenga drenaje eficiente.

d) Vibrohincado:

Utiliza un martillo vibratorio con un elemento metálico columnar que se va introduciendo verticalmente en cada sitio prefijado, siguiendo un patrón establecido.

El método es aplicable en suelos granulares y saturados con tamaños comprendidos entre 7,5 cm. (3") y la malla 40, con contenido de finos menor de 25%. Se recomienda no emplear este método en depósitos de arenas gruesas y grava con coeficiente de permeabilidad, $k > 10^{-2}$ m/s.

En caso necesario puede añadirse agua para garantizar la saturación. Las vibraciones transmitidas al elemento columnar son básicamente verticales, por lo que el hincado se realiza normalmente sin ayuda de chiflones de agua.

Al terminar de densificar una zona, la superficie del terreno desciende y para restituir el nivel debe agregarse nuevo material o bien puede colocarse previamente antes de efectuar el tratamiento del terreno.

No se requiere agregar simultáneamente el material que ocupe el espacio extra ganado, ya que esto puede realizarse antes o después del tratamiento.

En suelos parcialmente saturados el reacomodo de las partículas se dificulta.

A mayor contenido de finos la eficiencia del método se reduce; así, para suelos con contenido de finos mayor de 20%, el mejoramiento que se obtiene es muy pobre.

Además, en suelos con compacidad mayor del 70% es difícil obtener un mejoramiento y en depósitos de arena que contengan lentes de limo o arcilla se disminuye el efecto de densificación.



Equipo requerido para los trabajos.

Fuente: GBC Cimentaciones. México.

2.2.4 Inyección de compactación

Consiste en la inyección a presión de una mezcla de cemento de alta consistencia y arena, formando bulbos de mortero que comprimen, desplazan y compactan el suelo.

Las bombas y equipos a emplear son clave dada la poca trabajabilidad de la mezcla empleada.

Los equipos utilizados cuentan con registro de los parámetros de inyección.

El proceso de inyección se rige por el volumen de mortero por fase, el caudal, la presión de inyección y la viscosidad del mortero.

Algunas limitantes del método son:

- a) El volumen de inyección es variable, por lo que se tienen que realizar pruebas previas.
- b) La longitud máxima del tramo de tratamiento puede ser un impedimento para su uso en suelos.
- c) Cuando la inyección se realiza en presencia de aguas subterráneas circulando, puede existir una excesiva dilución o pérdida total de lechada.



Equipo de inyección.

Fuente: GBC Cimentaciones. México.

2.2.5 Inclusiones rígidas

Es una técnica que permite controlar los hundimientos en suelos blandos debido al peso de las estructuras y de los abatimientos piezométricos. Son elementos cilíndricos no conectados con la estructura, que pueden incluirse en el suelo recurriendo a diferentes técnicas.

Sus ventajas son la disminución de los asentamientos debido a la transferencia de una parte importante de los esfuerzos soportados por el suelo a estos elementos, la facilidad de colocación y la mínima interacción con la estructura. La limitante que presenta es la complejidad para evaluar la interacción inclusión-suelo.

2.2.6 Jet Grouting

El procedimiento consiste en cortar, excavar y mezclar, el material “in situ”, a través de energía hidráulica a alta velocidad y remplazarlo por una mezcla de suelo – cemento.

Es adecuado para un rango amplio de suelos desde aglomerados hasta arcillas de alta plasticidad. Sin embargo, cuando se incrementa la resistencia del suelo, la profundidad de penetración disminuye y a mayor permeabilidad del mismo aumenta la profundidad de penetración.

Por lo anterior, el tiempo requerido para la máxima penetración es mayor en suelos cohesivos.



Empleo de Jet Grouting.

Fuente: GBC Cimentaciones. México.

El volumen de suelo afectado es mayor que el diámetro de la perforación y se incrementa al aumentar el tamaño de partículas.

En arcillas, limos y arenas con finos, la profundidad de penetración máxima se alcanza con una saturación del 100% y la penetración mínima con un grado de saturación de 40 a 50%.

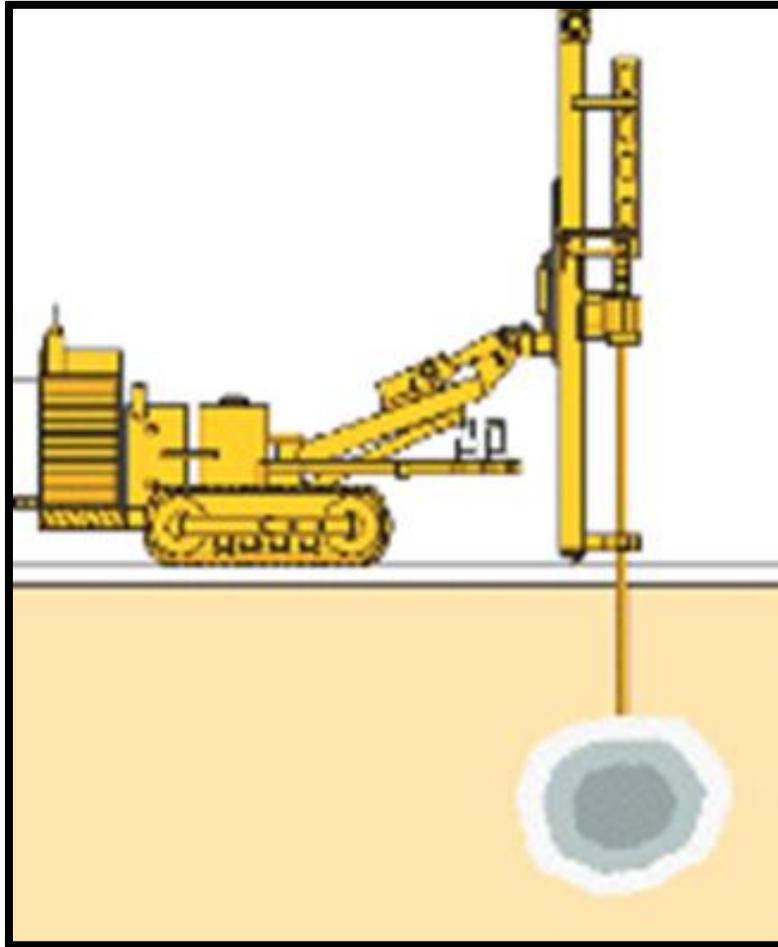


Figura 1. Aplicación de la técnica.

Fuente: GBC Cimentaciones. México.

2.2.7 Compactación dinámica

Este método consiste en dejar caer una masa repetidamente desde una cierta altura. La reacción del suelo ante la compactación dinámica depende del tipo de suelo y de la energía que le sea impartida por lo impactos que tiene un arreglo predeterminado.

La energía es función de la masa, altura de la caída, espaciamiento de la cuadrícula y número de caídas en cada punto. Las masas son usualmente boques de acero o una serie de placas de acero sujetas entre sí.

Las masas se dejan caer varias veces en el mismo lugar, siguiendo un patrón de cuadrícula con cierto espaciamiento. El procedimiento normalmente se hace con más de una pasada o serie de apisonamientos rellenando los cráteres que se forman entre pasadas.

Por lo general, el subsuelo por mejorar se considera constituido por dos capas: la más profunda es mejorada por la primera serie de apisonamientos, con un determinado número de repeticiones, con las mayores separaciones entre los puntos de impacto, y el nivel de energía más alto.

La capa intermedia es mejorada por una segunda serie de apisonamientos. En el Capítulo 3 se trata con mayor detalle el procedimiento.



Trabajos de compactación dinámica.
Fuente: GBC Cimentaciones. México.

2.3. EL RELLENO FLUIDO

2.3.1. Antecedentes del Relleno fluido

- Suelo Cemento Plástico - Texas:

En el año 1964, la “United States Bureau of Reclamation” documentó el primer uso de un material de baja resistencia controlada (MBRC), siendo usado como una cama de tubería para más de 500 km del Proyecto Acueducto del Río Canadiense en el noroeste de Texas.

El material utilizado en este proyecto se llamó “Suelo Cemento Plástico”. El suelo usado consistía de depósitos locales de arena.

Un nuevo procedimiento fue introducido, y el costo de este proyecto fue estimado 40% menos que usando las técnicas convencionales de relleno.

La productividad se aumentó de 120m a 305m de tubería instalada por turno.

Desde dicho año el concreto fluido se ha vuelto un material popular para proyectos de relleno estructural, soporte de fundaciones, base de pavimentos y camas de tuberías.

- Ceniza Volante fluida:

Por los años de 1970, la compañía Edison de Detroit, en cooperación con la corporación Kuhlman, una corporación de Concreto Premezclado en Toledo, Ohio, investigó una alternativa al relleno granular compactado utilizando cenizas volantes y las técnicas de producción de concreto.

Este nuevo material de relleno, llamado ceniza volante fluida, fue usado en muchas aplicaciones a los finales de los 70. El material se componía principalmente de cenizas volantes y típicamente entre 4 y 5 porcentaje de cemento, acompañados con una cantidad apropiada de agua. En el proyecto Río "Belle", se estima que se ahorró más de un millón de dólares usando este nuevo material.

- Patentes y estudio del ACI:

Eventualmente, una compañía de nombre K-krete Inc. Presentó 04 patentes en 1977, en los que su diseño consistía entre 1305 a 1661 kg de arena, 166 a 297 kg de ceniza volante, 24 a 119 kg de cemento, y 0.35 a 0.40 m³ de agua por metro cúbico de mezcla.

Estas cuatro patentes incluían: diseño de mezcla, técnica de relleno, camas de arena y construcción de diques; las cuales fueron vendidas a diversas empresas en su posterioridad.

Después de emerger K-Krete Inc. proponiendo un reemplazo al relleno convencional, materiales similares se desarrollaron por todo Estados Unidos y Canadá.

Sin embargo, la falta de una fuente centralizada para recopilación y difusión de información con el creciente mercado causó confusión y disgusto en la comunidad ingenieril hacia el uso de estos materiales.

Lo que llevó a una respuesta del Comité 229 del ACI se estableció en 1984 con el nombre “Controlled Low Strength Materials (CLSM)” (Materiales de baja resistencia controlada – MBRC) en donde se referenció ampliamente el uso del material. En 1999 se publicó una revisión editada.

2.3.2. Definición del relleno fluido

Los rellenos fluidos (Flowable Fills) o Materiales de baja resistencia controlada (MBRC) son fluidos, autonivelantes y autocompactantes a base de cemento, usando principalmente para rellenar en lugar de terraplén compactado.

Entre sus nombres más comunes tenemos: Terraplén fluido, terraplén inarrugable, terraplén controlado de la densidad, el mortero fluido y otros varios nombres.

Este tipo de relleno se auto compacta bajo su propio peso, no se sedimenta, es de fácil nivelación, mínima retracción de fraguado, tiene una densidad controlada (con lo cual se puede disminuir su peso propio) y al ser fluido puede llegar a áreas de difícil acceso.

La ACI 229R-99, presentan las normas en las cuales debe fundamentar cualquier análisis sobre estos materiales.

2.3.3. Materiales para el relleno fluido

El concreto fluido es una mezcla de suelo, agua, cemento y aditivo. En el mejoramiento de suelos para cimentaciones del proyecto “Casa Club Recrea Los Nogales”, se ha trabajado con concreto fluido de 20 kg/cm² de resistencia. Cabe recalcar que no es un hormigón y tampoco puede reemplazarlo (ACI 116R).

El concreto fluido busca ayudar y simplificar la ingeniería, siendo sus componentes los siguientes:

- **Cemento**

El cemento provee la cohesión y la resistencia para los rellenos fluidos. Para la mayoría de las aplicaciones normalmente se utiliza cemento Portland Tipo I conforme a las especificaciones ASTM C150.

Los contenidos de cemento generalmente están entre los rangos de 30 a 120 kg/m³, dependiendo de la resistencia y tiempo de fraguado deseados.

Aumentar la cantidad de cemento mientras los otros materiales se mantienen igual (Agregado y agua) incrementará la resistencia y reducirá el tiempo de fraguado.

Otros tipos de cemento, incluyendo los cementos mezclados o con adiciones, conforme a la especificación ASTM C 595, pueden ser utilizados si pruebas previas indican resultados aceptables.

- **Agregados**

Los agregados constituyen el componente mayor en la mezcla de rellenos fluidos.

El tipo, granulometría y forma de los agregados pueden afectar las propiedades físicas como fluidez, auto-colocación y resistencia a la compresión.

Los agregados que cumplen con la ASTM C 33 pueden ser utilizados debido a que los productores de concreto mantienen existencia con control de calidad de estos materiales, esta norma no debe tomarse como una regla, pero puede servir de guía.

Los agregados son en la mayoría de casos la mayor consistencia de las mezclas de relleno fluido. Los agregados que cumplan la norma ASTM C 33 son recomendados para el uso de este relleno fluido, ya que por lo general están disponibles en los locales de abastecimiento de materiales.

La cantidad de agregado fino varía acorde a la necesidad de completar el diseño de mezcla para el concreto fluido, después de considerar cemento, cenizas volantes, agua y contenido de aire. En general los rangos van entre 1500 a 1800 kg/m³

- **Agua**

Permite que todos los materiales se vuelvan uno solo. La cantidad de agua no está predeterminada y varía según las necesidades. Sin embargo, debe cumplir con las especificaciones estipuladas en la NTP 339.088.

El agua de mezclado debe ser clara y aparentemente limpia. Si contiene sustancias que decoloren o le den sabores u olores raros, indeseables o que causen sospecha, no debe usarse, a menos que los registros de servicio del hormigón preparado con ella u otra información indiquen que no afecta la calidad del hormigón.

La cantidad de agua usada para concreto fluido es mayor a la usada en mezclas de concreto convencional. El agua brinda alta fluidez y logra la consolidación de los materiales. Los contenidos de agua varían entre 193 a 344 lt/m³ para la mayoría de mezclas que contengan agregado.

El amplio rango de agua se debe primordialmente a las características de los materiales usados y al grado de fluidez deseado. Por lo general se usará más agua en mezclas que usen agregado fino.

- **Aditivo químico**

EUCO WR 51:

Es un aditivo líquido plastificante, reductor de agua con efecto retardante. Provee una mezcla más plástica y cohesiva en el concreto fresco y una mejor durabilidad, reduciendo la contracción y la permeabilidad en el concreto endurecido.

Cumple con la norma ASTM C 494 tipo D. No contiene iones cloruro en su formulación.

PROPIEDADES:

- Apariencia: Líquido
- Color: Café
- Densidad: 1.18 kg/lt.

APLICACIONES PRINCIPALES

Tiene los siguientes usos principales:

- **Como plastificante:** Al ser adicionado en una mezcla de concreto incrementa el asentamiento sin necesidad de aumentar la cantidad de agua, obteniendo concretos fluidos.
- **Como reductos de agua:** Incorporado en la mezcla de concreto puede reducir el agua de diseño hasta en un 12%, manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, consiguiendo concretos más impermeables y durables.
- **Como ahorrador de cemento:** Cuando se reduce el requerimiento de agua en la mezcla de concreto, se puede reducir la cantidad de cemento, haciendo concretos de buena calidad a bajo costo.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Provee mayor facilidad de manejo y acabado
- Aumenta resistencia
- Provee mayor durabilidad
- Reduce contracción y permeabilidad
- Mejor acabado del concreto.
- Aumenta la manejabilidad del concreto.

DOSIFICACION:

0.2% -0.4% del peso del cemento.

2.3.4. Aplicaciones del relleno fluido

Sus principales usos radican en rellenos estructurales y rellenos de excavaciones, suplantando a los rellenos de suelo compactado.

Esto se debe a que el relleno fluido no necesita compactarse y al incrementar la fluidez llega a zonas de difícil acceso.

Las siguientes aplicaciones presentan el rango de usos de los rellenos fluidos.

- *Rellenos estructurales:*

Dependiendo de su composición se obtienen resistencias muy altas. La resistencia de compresión varía desde 7 hasta 85 kg/cm² permitiendo ser usados como bases de cimientos, sub-bases de pisos, bases para pavimentos, excavaciones de pilotes, etc.

- *Relleno simple (backfills):*

Estos son rellenos de pequeñas excavaciones, huecos, trincheras, estribos de puentes, recubrimiento de conductos, muros de contención u otros lugares donde se realiza compactación manual, la misma que asegura una resistencia de carga adecuada.

Esto permite tener un mayor control de la calidad del relleno final. También, en ocasiones el espacio a compactar es muy estrecho, por ende, no se puede introducir la máquina compactadora.

- *Camas para tuberías:*

Los rellenos fluidos otorgan un excelente material que sirve de “cama” para tuberías de agua, eléctricas, telefónicas y otros tipos.

Su característica fluida del material, permite que éste llene vacíos bajo la tubería y brinde un soporte uniforme.

Además, bordeando toda la tubería se protege de daño futuro. Si el área alrededor de la tubería es excavada, el evidente cambio de material del relleno convencional a comparación del relleno fluido evidenciaría la presencia de tuberías. Además, éste se puede colorear a fin de ayudar a identificar el relleno fluido.

- *Otros usos:*

También se han empleado estos rellenos en pozos, alcantarillas de túneles, cimientos y estructuras subterráneas, control de erosión, aislamiento térmico, terraplenes, estribos de puentes, rellenos de muros y estabilidad de taludes, etc.

- a) Taludes:

En muchas ocasiones éstos son problemáticos, más aún cuando el suelo es inestable y se erosiona con facilidad.

Los rellenos fluidos se han visto como técnica para la estabilidad de éstos.

- b) Rellenos de muros:

Con la teoría de Rankine, se determinó que la fuerza del empuje activo del suelo sobre la estructura genera un aumento en el dimensionamiento del muro.

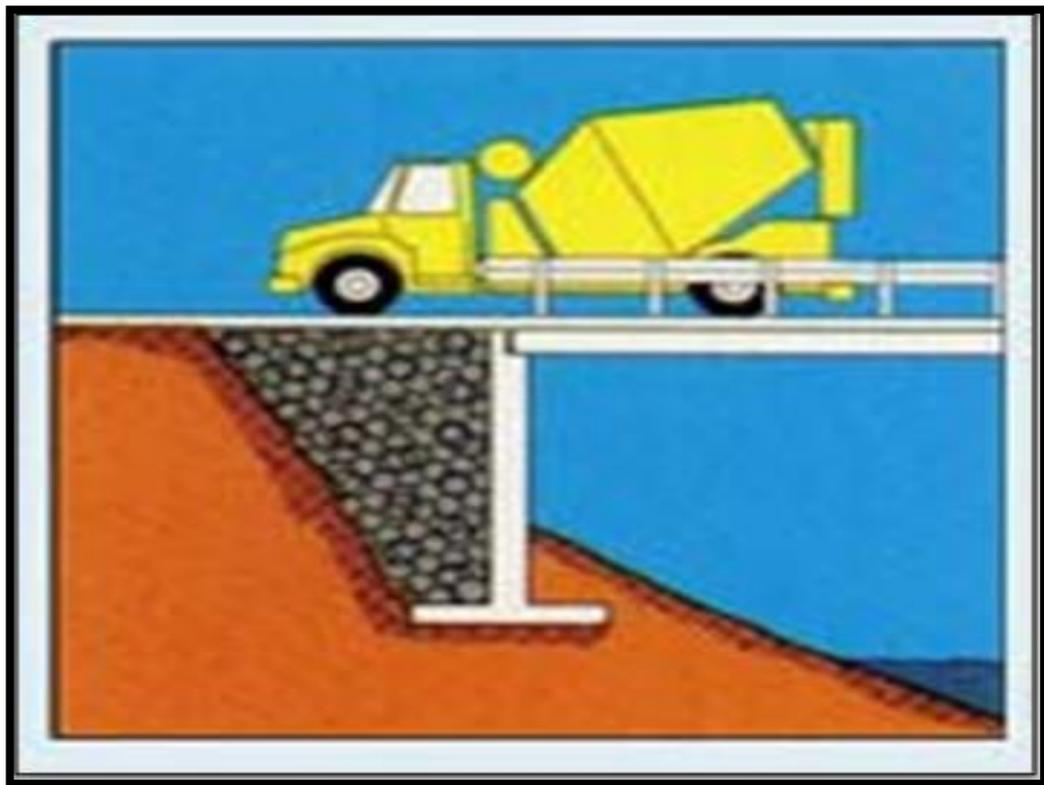
Este hecho permite, que el costo del muro aumente.

Los rellenos fluidos por la incorporación de vacíos en su estructura permiten disminuir el peso del relleno.

Por lo tanto, existe, una disminución de la fuerza activa del muro. Lo que da lugar a muros con secciones menores que las de suelo compactado.

c) Estribos de puentes:

Al igual que en la teoría de muros, el peso del relleno disminuye permitiendo construir estructuras con menores dimensiones.



Teoría de Rankine en Muros.

Fuente: Geotechnical Applications

d) Terraplenes:

En caso de uso de rellenos fluidos en terraplenes la disminución del peso es alrededor de 20%.

2.3.5. Ventajas del relleno fluido

Como ya se ha mencionado, los rellenos fluidos tienen múltiples ventajas, pero entre ellas se destacan:

- Fácil colocación permite reducir tiempos en comparación con los procedimientos de relleno convencionales por capas (hasta 20 veces más rápido).
- Se vacía en un punto determinado y se distribuye con muy poco personal.
- No necesita compactación, ni vibración.
- No requiere curado.
- Fácil de bombear.
- Fácil de excavar o remover.
- No hay limitaciones en cuanto al espesor de relleno.
- No es necesario hacer controles de densidad de campo.
- Es autonivelante y con gran capacidad de desplazamiento longitudinal.
- El producto es totalmente garantizado.

2.3.6. Propiedades del material antes del fraguado

- **Fluidez:**

Esta propiedad es la principal diferencia con los rellenos de suelo compactado y permite que al momento de la colocación del relleno este fluya llenando espacios vacíos, se auto-nivele y se auto-compacte por su propio peso.

El material no necesita de la ayuda de la maquinaria convencional de compactación. Esto da lugar a que el relleno no requiera vibración ni compactación.

La fluidez varía con la dosificación de los materiales según las especificaciones que se desee obtener (Prueba de Slump). (ACI 229R pág., 7)

- **Segregación:**

Cuando la mezcla es demasiado fluida, es posible que los materiales se separen. Por esta razón se recomienda controlar rigurosamente la adición de agua. Para obtener un relleno muy fluido el material utilizado debe contener grandes cantidades de finos, lo que permite alta cohesión y por ende no existe segregación.

De ser posible, el material con finos debe ser ensayado en el laboratorio antes de su utilización en el relleno. (ACI 229R pág., 8)

- Bombeo:

La capacidad de bombeo del relleno fluido dependerá de la cantidad de cemento de la mezcla y la adición de aditivos plastificantes. Además, los vacíos se deben llenar adecuadamente de las partículas sólidas para proporcionar la cohesividad adecuada para el transporte a través de la línea de la bomba bajo presión sin producir segregación.

El flujo interrumpido causaría la segregación que restringe el flujo y podría dar lugar a la obstrucción de la línea que en caso sería las tuberías de acero.

- Tiempo de fraguado:

El tiempo de fraguado es el tiempo requerido para que la muestra pase de un estado plástico a un estado endurecido, obteniendo la resistencia adecuada en obra.

La mezcla elimina el agua en exceso, permitiendo la formación de una masa sólida, ya que las partículas se alinean y se ponen en contacto. Los factores que afectan el tiempo de fraguado son:

- Tipo y cantidad de cemento
- La fluidez del relleno fluido.
- La dosificación del relleno fluido.
- Espesor del relleno.

Para mezclas en condiciones normales el tiempo de fraguado es de 3 a 5 hrs.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Proyecto**

Según el PMBOK, un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. A efectos de este texto, básicamente nos referimos a desarrollar un nuevo producto o servicio o construir un edificio, instalación o una infraestructura.

- **Productividad**

La productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo, la productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir la productividad involucra eficiencia y efectividad (Serpell, 2002).

- **Tiempo Productivo (TP)**

Es el tiempo empleado en la producción de alguna unidad de construcción. El tiempo empleado en las conversiones, es decir en las actividades que agregan valor, las actividades por las que el cliente está pagando.

- **Tiempo Contributorio (TC)**

Es el tiempo empleado en las actividades de apoyo necesarias para ejecutar los trabajos que agregan valor. Los flujos necesarios como transporte, supervisión, etc., se consideran como trabajo contributorio.

- **Tiempo No Contributorio (TNC)**

Es el tiempo empleado en cualquier otra actividad diferente a las de soporte o productivas. Las esperas, los reprocesos y demás se consideran como trabajo No Contributorio. Diferentes autores consideran el tiempo de descanso y de necesidades fisiológicas como tiempo no contributivo. Sin embargo, dichos tiempos, siempre y cuando se encuentren claramente establecidos, no deberían ser considerados dentro del tiempo total empleado en la producción de unidades de construcción.

- **Carta balance**

La Carta Balance es una herramienta que, a partir de datos estadísticos, describe de forma detallada el proceso de una actividad para así buscar su optimización. En una Carta Balance se toma un intervalo de tiempo corto (cada uno o dos minutos) la actividad que está realizando cada obrero. Estas actividades son divididas en los tres tipos de trabajo TP, TC y TNC.

- **Informe semanal de producción (I.S.P)**

Junto con las actividades diarias a realizar se entrega al capataz una relación con todos los integrantes de su cuadrilla, para cada trabajador deberá escribir la actividad que han estado realizando, y las horas que le ha tomado realizar dicha actividad. Cabe mencionar también, que para tener un mayor control de la cuadrilla se entrega el tareo llenado con valores teóricos de avance de actividad, vale decir metrado. El capataz colocara a un costado los valores reales en campo. Estos cambios son normalmente aceptados, debido a la gran variabilidad que siempre hay en actividades de construcción.

- **ACI**

Instituto Americano del Concreto. Por sus siglas en inglés “American Concrete Institute”

- **ASTM**

Asociación Americana de prueba de materiales. Por sus siglas en inglés “American Standard Test Materials”.

- **Excavabilidad**

Grado de dificultad que presenta un material al momento de ser excavado.

- **Fluidez**

Propiedad de los cuerpos cuyas moléculas tienen entre sí poca coherencia, y toman siempre la forma del recipiente donde están contenidos.

- **Fraguado**

Fase de una mezcla en la que pasa de un estado plástico a un estado endurecido.

- **Granulometría**

Escala que trata la medida del tamaño de las partículas, granos y rocas, de los suelos y mezclas.

- **Grout**

Mortero fino con bastante contenido de cemento generalmente usado para llenar grietas y nivelado de superficies.

- **Lechadas**

Mezcla de agua, cemento y arena fina.

- **Mortero**

Mezcla de arena, cemento, agua y aditivos.

- **Nivel freático**

Estrato del subsuelo con presencia de agua.

- **Permeabilidad**

Característica individual de cada material al permitir el paso del agua y humedad a través de él.

- **Plasticidad**

Propiedad de un material para cambiar de forma sin modificar sus propiedades esenciales.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1. ALCANCES SOBRE EL PROYECTO

El proyecto en el cual se basa la presente tesis corresponde al “Condominio Casa Club Recrea - El Agustino - primera etapa”. La partida es referente a la parte de la sub estructura de la obra (mejoramiento de suelo usando relleno fluido) las cuales fueron estudiadas en el periodo entre los meses setiembre hasta diciembre del 2013.

Empresa ejecutora: Inconstructora S.A.C.



Vista de las futuras torres a construir.

Fuente: Immobiliari S.A.C.

La Empresa INMOBILIARI S.A.C. es propietaria de un terreno de 55,906.88 m² situado en el distrito de El Agustino, provincia de Lima, departamento de Lima, donde se desarrolló una Habilitación Urbana con Construcción Simultánea.

3.2. UBICACIÓN

El terreno se encuentra ubicado en el Distrito de El Agustino, Provincia de Lima, Departamento de Lima. El terreno tiene frente hacia la Av. Los Nogales

3.3. ACCESIBILIDAD

Al terreno se accede a través de la Av. Los Nogales, a la cual se llega desde la Vía de Evitamiento.

3.4. LÍMITES Y LINDEROS

El terreno es de forma irregular. Encierra un perímetro 1,206.78 ml., y sus límites son los siguientes:

- Por el Norte: Con la Av. Los Nogales
- Por el Sur: Con propiedad de la “Fábrica de Tejidos La Unión”
- Por el Este: Con propiedad de “Transformadora Atlantis Ltda. S.A.”
- Por el Oeste: Con propiedad de terceros.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El proyecto comprende la construcción de 18 edificios de 20 pisos, 10 departamentos por piso de 58 m², 68 m² y 77m², sin sótanos y 1 bloque de estacionamientos subterráneos de 4 niveles.

El bloque de estacionamientos proyectado posee una forma irregular y se ubica entre los edificios. El nivel de piso del cuarto sótano será -10.80 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno.

Todas las estructuras serán de concreto armado y transmitirán al terreno una carga de aproximadamente 1 Ton/m²/piso.

4.2. INGENIERÍA DEL PROYECTO

La estructura de los departamentos está conformada por muros íntegramente de concreto, conocido como muros de ductilidad limitada. Los edificios son de veinte pisos.

Los siete primeros pisos ($f'c$ 210kg/cm²) cuentan con muros de 25cm y 20cm de espesor y doble malla con estribos en los bordes de la placa, del octavo al piso trece ($f'c$ 210kg/cm²) son muros de 25cm y 15cm de espesor con doble malla y acero vertical de mayor área en los extremos de los muros para ayudar al confinamiento de muros y del piso catorce al veinte los muros disminuyen a 20cm y 10cm. La losa es maciza con 10cm, 15cm y 20 de espesor y doble malla de acero.

La estructura de los sótanos es porticada con ($f'c$ 210kg/cm²) y ($f'c$ 280kg/cm²) en muros colindantes con terreno natural.

Debido al mal terreno en donde se encuentra situado el proyecto, se tuvo que colocar concreto de relleno debajo de la cimentación de los edificios. Al lado de este relleno se ubican los sótanos que constan de 4 niveles de estacionamientos (1661 parqueaderos) y un quinto nivel de cisternas y cuarto de bombas.



Prototipo de Obra finalizada

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

4.3. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

A continuación, se presenta la descripción de los resultados de los análisis efectuados obtenidos en el Estudio de Mecánica de Suelos, llevado a cabo con la finalidad de determinar las condiciones de cimentación, la cual nos dará alternativas de solución a la mejora del suelo que servirá de base a los edificios programados para ejecución en la 1era etapa.

4.3.1. TRABAJOS EFECTUADOS

El programa de exploración de campo llevado a cabo en el terreno comprendió los siguientes trabajos:

- 57 calicatas excavadas en forma manual hasta profundidades comprendidas entre 4.00 y 7.20 m con respecto a la superficie actual del terreno, denominadas C-9 a C-65.
- 8 calicatas excavadas en forma manual hasta profundidades comprendidas entre 12.00 y 14.00 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno, denominadas C-1 a C-8.
- 11 calicatas excavadas en forma manual hasta profundidades comprendidas entre 15.00 y 16.20 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno, denominadas CC-1 a CC-11.
- 1 auscultación con cono de Peck denominada CP-1, la cual alcanzó rechazo a 6.00 m de profundidad con respecto al nivel de la superficie actual del terreno.

En las calicatas se realizó un perfilaje minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la extracción de muestras representativas de los suelos típicos las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio para su verificación y análisis.

4.3.2. CARACTERISTICAS DEL SUBSUELO

- **PERFIL DEL SUELO**

En la mayoría de las calicatas se registró una capa superior de relleno antiguo conformado por arcilla limosa, arenosa, de plasticidad baja a media, compacta a dura y por arena fina arcillosa, medianamente densa, de espesor variable entre 0.70 y 2.90 m.

Sobre la capa de relleno antiguo, en varios sectores del terreno se encontró una capa superior de relleno de gravas arenosas y arenas gravosas, mal graduadas, medianamente densas a densas, 0.10 a 0.60 m de espesor.

Sólo en las calicatas C-22, C-23, C-28, C-29, C-30 y C-31 se registraron capas de relleno de suelos gravosos, arenosos y/o arcillosos, contaminadas con restos de desmonte y/o basura. El espesor de estas capas varía entre 0.10 y 0.60 m y los materiales que la constituyen son heterogéneos.

A continuación, a partir de profundidades variables entre 2.80 y 6.50 m con respecto a la superficie actual del terreno, subyace en las partes central y Sur del terreno, un depósito de grava arenosa, mal graduada, medianamente densa a densa, con piedras y bolones redondeados de 12 pulgadas de tamaño máximo, que se extiende hasta el límite de la profundidad investigada en las calicatas (16.20 m).

En las calicatas C-1, C-3, C-19, C-33, C-58, CC-3 y CC-5 ubicadas en las partes central y Sur del terreno se registraron dentro del depósito de grava arenosa, bolsones de suelos finos de 0.30 a 1.00 m de espesor.

Estos bolsones están constituidos por: arena fina, con contenido variable de limo, medianamente densa y de arcilla limosa, de plasticidad media, muy compacta.

En el sector Oeste del terreno la capa superior del depósito de grava arenosa se encuentra inicialmente intercalada por capas de suelos finos, disminuyendo su espesor en forma de dedos entrelazados, hasta desaparecer.

En las calicatas CC-1 y CC-9 excavadas en el extremo Oeste del terreno, el depósito de suelos finos de mediana resistencia se prolonga hasta profundidades comprendidas entre 15.00 y 15.20 m y recién bajo dichas profundidades, se encuentra grava arenosa, mal graduada, medianamente densa, con piedras redondeadas de 5 pulgadas de tamaño máximo, que se extiende hasta el límite de la profundidad investigada.

- **NIVEL FREÁTICO**

En las calicatas no se detectó el nivel de la napa freática dentro de la profundidad investigada (16.20 m).

4.3.3. ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta las características del perfil estratigráfico del subsuelo y los requerimientos de carga de las edificaciones previstas, en el presente caso es necesario considerar diferentes tipos de cimentación.

EDIFICIOS DE 20 PISOS

Estos edificios que transmitirán al terreno una carga del orden de los 2.00 Kg/cm² deben transmitir sus cargas al depósito natural de grava arenosa, dado que la capacidad de carga de la capa superior de suelos finos no alcanza dicha resistencia.

CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS 1, 2,5 Y 7 AL 18

Se tienen las siguientes alternativas:

ALTERNATIVA 1: CIMENTACIÓN SEMI PROFUNDA CON FALSOS CIMIENTOS

- Cimentación convencional por medio de zapatas, cimientos corridos o plateas, que transmitan las cargas de los edificios al depósito de grava arenosa. La profundidad mínima de cimentación (D_f min) con respecto a la superficie actual del terreno será de 5.5 m. por medio de falsos cimientos de concreto pobre ciclópeo $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ para alcanzar la profundidad de cimentación.

ALTERNATIVA 2: CIMENTACIÓN PROFUNDA POR MEDIO DE PILOTES ESTRUCTURALES

- Los pilotes deben atravesar la capa superior de suelos finos arcillosos, limosos y arenosos y penetrar por lo menos 2.00 m en el depósito de grava arenosa, que se encuentra a partir de profundidades comprendidas entre 2.80 y 6.50 m; es decir deben alcanzar profundidades comprendidas entre 7.00 y 8.50 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno.

CIMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS 3, 4 Y 6

Se recomienda cimentación profunda por medio de pilotes estructurales.

Los pilotes deben alcanzar una profundidad mínima de 17.00 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno, atravesando las capas superiores de suelos finos arcillosos, limosos y arenosos que están intercaladas en un sector por capas de grava arenosa y penetrar por lo menos 2.00 m en el depósito de grava arenosa, el cual recién se encuentra a partir de profundidades comprendidas entre 15.00 y 15.20 m.

SOLUCION

Se optó por dar una solución que pueda cubrir con las expectativas de la magnitud del proyecto y de los tiempos por etapa de obra, haciendo una solución para todas las cimentaciones, donde se emplearían plateas de cimentación, apoyadas sobre un relleno de mortero fluido que reemplace a las capas superiores de suelos finos. El mortero fluido tendría que construirse de tal forma que garantice una resistencia a la compresión uniforme, no menor de 20 Kg/cm².

CAPÍTULO V

EMPLEO DEL RELLENO FLUIDO EN LA OBRA CASA CLUB RECREA LOS NOGALES

Se ha considerado la colocación de relleno fluido autoconsolidante, como alternativa al sistema de relleno convencional con material granular de préstamo y compactación por capas u alternativas más costosas como la de los pilotes.

Siguiendo las especificaciones técnicas sobre desarrollo de diseños de mezcla de relleno fluido $f'c=20$ kg/cm² empleando agregado global de excavación, descritas para el proyecto “CASA CLUB RECREA” cumpliendo con las especificaciones del estudio de mecánica de suelos.

Este procedimiento es aplicable a las actividades de ejecución y control que se realicen en la obra “CASA CLUB RECREA” durante los trabajos de colocación de concreto (relleno fluido $f'c=20$ kg/cm²).

5.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES DE DISEÑO DEL RELLENO FLUIDO

El empleo de agregado global proveniente de excavaciones en la producción de relleno fluido de baja resistencia controlada es una alternativa técnicamente válida empleada en muchos proyectos, en la medida que se mantenga razonablemente uniforme la granulometría integral que es la que controla los requerimientos de agua y cemento.

El contenido de cemento requerido para lograr la resistencia especificada, que normalmente oscila en el rango de 20 a 40 kg/cm² (con lo que reemplaza ampliamente la capacidad portante de un relleno convencional), depende de la gradación del agregado global y de la cantidad de material pasante del tamiz # 200 que contiene, ya que el exceso de este parámetro ocasiona mayor demanda de agua y de cementante atentando con el costo-beneficio de esta alternativa vs el sistema de relleno convencional.

Otro factor importante lo constituyen los aditivos necesarios para manejar la trabajabilidad y bombeabilidad de estas mezclas y el mantenimiento de sus propiedades en estado fresco el tiempo que requiera el proceso de colocación elegido.

Se aprecia que el porcentaje de partículas mayores de 1½" oscila entre 2.4% y 15.7%, debiendo eliminarse este material por zarandeo, debido a que se planea colocar el relleno fluido mediante bombeo.

A efectos de evaluar varias alternativas de combinación de aditivos para determinar la más satisfactoria en desempeño y costo-beneficio, se seleccionaron los productos Euco 37 (Super plastificante Reductor de Agua de Alto Rango), Air Mix 250 (Incorporador de aire) y Euco cell 1000 (Aditivo espumante para rellenos fluidos).

Con los resultados obtenidos se puede concluir en que es factible elaborar satisfactoriamente relleno fluido de $f'c=20$ kg/cm² con agregado global de excavación procedente de la obra.

Sobre la base de los resultados mencionados se establece el contenido inicial de cemento en 127.5 kg/m^3 (3 bolsas/m³) para los diseños de mezcla en producción masiva debiendo resaltarse que, dado que las resistencias obtenidas a nivel de laboratorio superan sensiblemente el $f'c$ especificado, es factible estimar que se podrá reducir el contenido de cemento en función de la validación de las mezclas en la planta en obra en condiciones reales.

Es recomendable uniformizar acopios de material global en la zona de almacenaje general y en la planta de concreto, a fin de no modificar continuamente los diseños en cuanto a consumos de cemento y aditivos por variaciones frecuentes del módulo de fineza total.

Los análisis granulométricos efectuados permiten detectar un contenido mínimo de piedras entre 2" y 3" que, si bien no afectan sensiblemente el Módulo de Fineza total ni la producción en la planta de premezclado, si pueden ocasionar problemas para el bombeo, por lo que es recomendable la eliminación de agregado \geq a 1½".

5.2. COLOCACIÓN DEL RELLENO FLUIDO

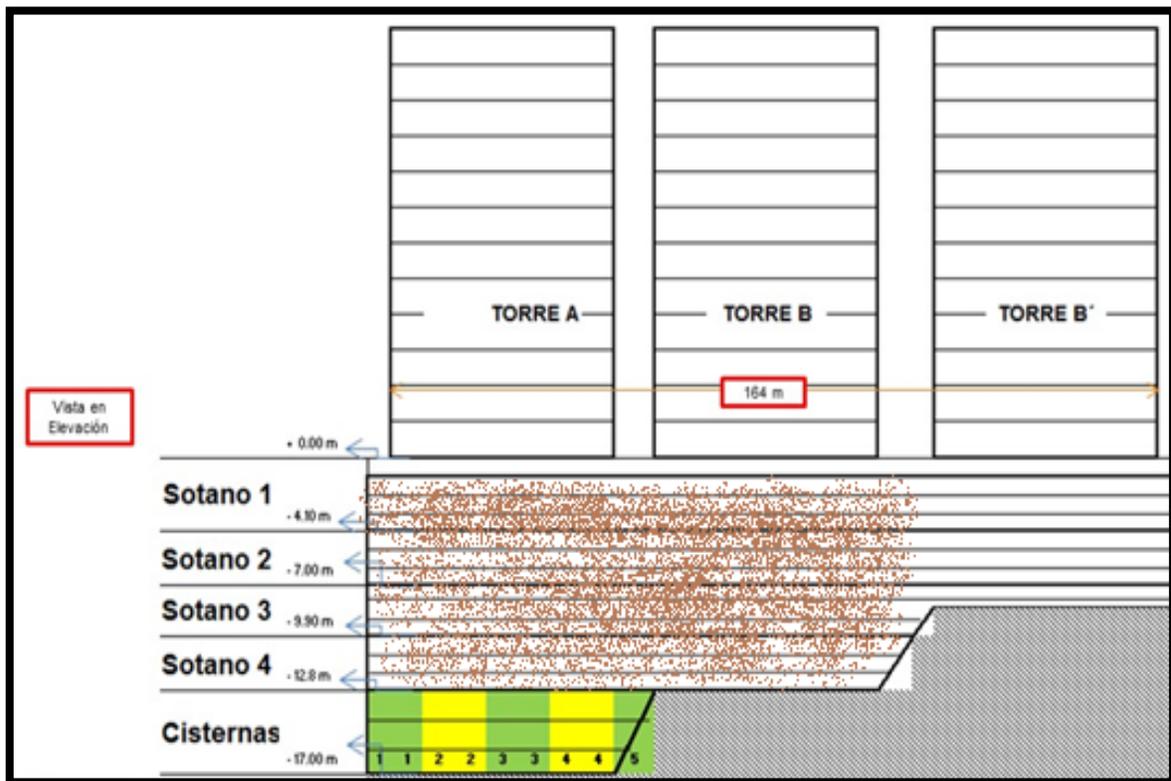
El primer paso para iniciar los trabajos de colocación de concreto es verificar y conocer de antemano la existencia de interferencias dentro del proyecto.

Este proceso es efectuado por el jefe de campo, quién deberá verificar si la superficie esta apta para recibir el relleno fluido de $f'c=20 \text{ kg/cm}^2$, según trazo y especificaciones.

Antes del vaciado debe verificarse el correcto estado de todos los equipos a emplear como los Carmix , planta dosificadora, bombas para vaciado de concreto, tuberías metálicas , buggies, lampas, chutes y los accesos a la zona de vaciado.

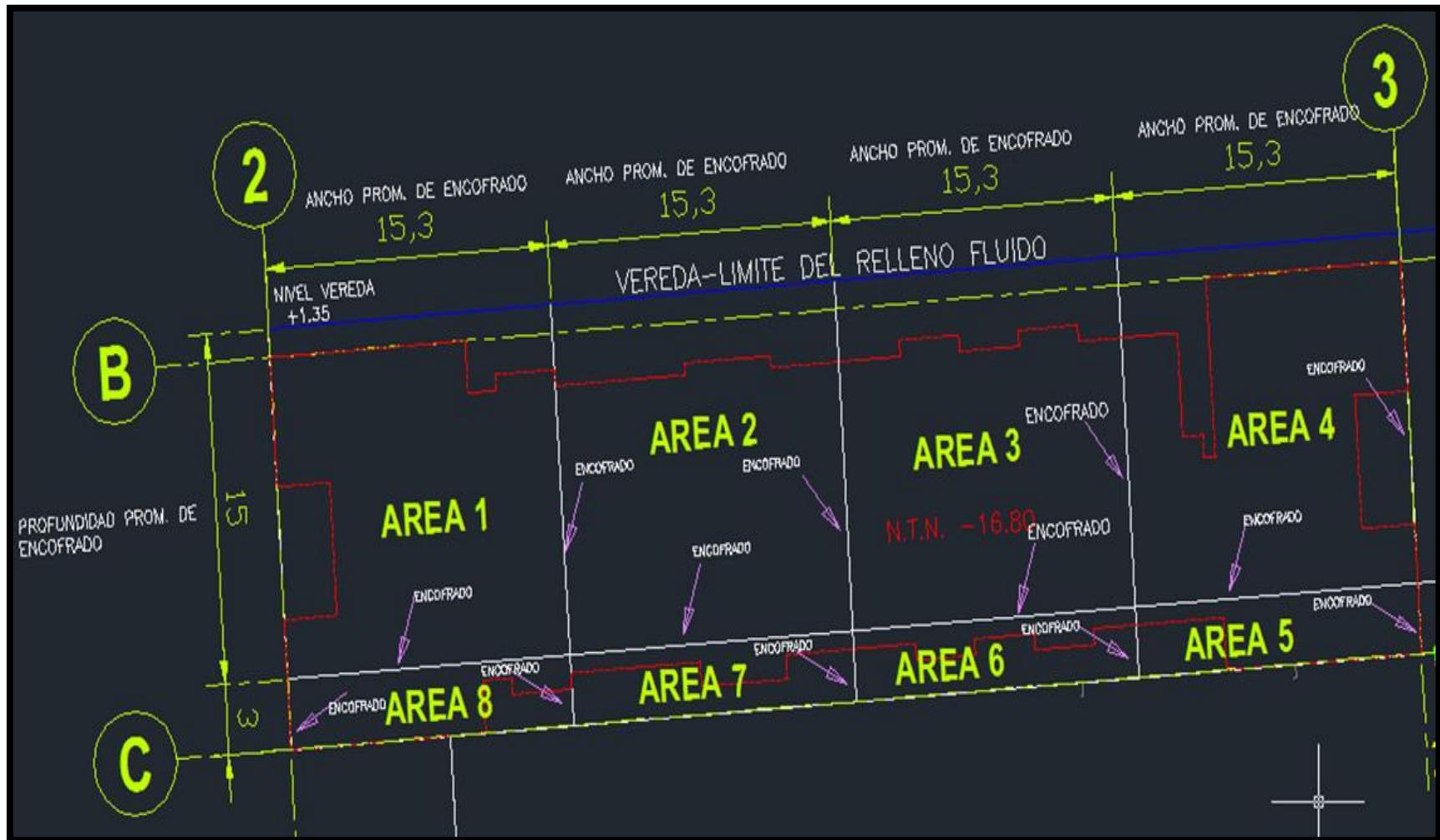
5.3. SECTORIZACIÓN DE VACIADO DEL RELLENO FLUIDO

Esta sectorización se realizó con el fin de vaciar concreto fluido todos los días con un volumen similar, aproximadamente 160 m³ por turno, teniendo dos turnos que producen un total de 320 m³ por día, en el gráfico se muestra la sectorización.



Vista en elevación del relleno fluido a vaciar.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Sectorización en áreas de vaciado de relleno fluido en torre A.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

5.4. PRESUPUESTO

A continuación, se muestra el presupuesto de obra que incluye la partida analizada en nuestra investigación.

Presupuesto de obra (1 de 2)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	MANO DE OBRA	
						HH TOTAL	S/. TOTAL
						HH TOTAL	S/.
MOVIMIENTO DE TIERRAS					7,631,610.69		
1	EXCAVACION MASIVA, MEJORAMIENTO DE SUELO Y ESTABILIZACION DE TALUD						
1.01	OBRAS PROVISIONALES						
1.01.01	Trazo y replanteo	glb	1	30,234.28	30,234.28	1,323.64	18,231.85
1.01.02	Instalacion de planta dosificadora	glb	1	44,585.29	44,585.29	130.91	1,791.63
1.02	EXCAVACION MASIVA						
1.02.01	Excavación Masiva (incluye eliminación)	m3	128,950.69	15.98	2,060,632.03	5,635.15	72,212.39
1.02.02	Perfilado y Compactado de la sub rasante o terreno natural	m2	10,066.00	3.09	31,103.94	1,493.79	19,226.06
1.03	MEJORAMIENTO DE SUELO						
1.03.01	Mejoramiento de suelo con relleno fluido f'c=20 kg/cm2	m3	39,022.48	94.99	3,706,745.38	56,118.23	438,222.45
1.03.02	Encofrado de relleno fluido	m2	3,815.03	25.71	98,084.42	4,508.60	66,228.92
1.04	SOSTENIMIENTO DE TALUD						
1.04.01	Anclajes para estabilizar talud	ml	2,733.00	447.98	1,224,329.34	99.48	2,077.08
1.04.02	Shotcrete=4" vía humeda	m2	2,359.00	184.78	435,896.02	1,143.76	1,203.09
OBRAS PROVISIONALES					1,460,549.57		
2	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES						
2.01	OBRAS PRELIMINARES						
2.01.01	Movilización y Desmovilización de equipos y herramientas a obra	glb	1	35,037.31	35,037.31	23.64	327.49
2.01.02	Cerco perimétrico metálico h= 3.50, incluye refuerzos y puertas (Av. Nogales)	ml	221.24	366.79	81,148.62	804.5	11,807.58
2.01.03	Cerco provisional interno de madera para delimitación de obra	ml	150	109.27	16,390.50	272.73	5,710.50
2.02	OBRAS PROVISIONALES						
2.02.01	Oficinas p/obra tipo Container sobre estructura metálica: Supervisión,Residencia, O.T., Seguridad, Calidad, Administración, Sala de Reuniones.	m2	180	469.07	84,432.60	507.28	7,264.80
2.02.02	Estructura metálica para oficinas tipo Container, incluye escalera y baranda	kg	5,000.00	5.62	28,100.00	266.5	3,500.00
2.02.03	Almacén tipo Container + estructura liviana	m2	160	254.56	40,729.60	872.72	12,643.20
2.02.04	Comedor, vestuarios y SS.HH. de obra con estructura liviana	m2	180	222.27	40,008.60	1,472.74	21,339.00
2.02.05	Servicios higiénicos químicos de obra	mes	7	2,894.68	20,262.76	51.42	643.44
2.02.06	Red provisional de energía	mes	7	36,001.75	252,012.25	330.91	5,095.02
2.02.07	Tableros electricos provisionales x piso	glb	1	38,436.00	38,436.00	94.55	1,396.36
2.02.08	Red provisional de agua y desagüe	mes	7	4,392.77	30,749.39	157.82	2,190.86
2.02.09	Trazo y replanteo de obra	mes	7	5,278.44	36,949.08	1,170.91	16,051.63
2.02.10	Limpieza durante la obra	mes	7	1,848.97	12,942.79	717.82	8,965.81
2.02.11	Instalación de escaleras tipo acrow	und	2	25,622.27	51,244.54	90.18	1,185.28
2.02.12	Acarreo Interno de Materiales	mes	7	2,472.66	17,308.62	1,333.82	16,804.48
2.02.13	Transporte Vertical de Materiales	mes	7	70,362.09	492,534.63	12,828.07	211,798.65
2.02.14	Eliminación de excedentes y desechos de obra con cajas ecológicas	glb	1	48,110.91	48,110.91		105.63
2.02.15	Reparacion de veredas y pistas	glb	1	25,156.86	25,156.86	7.27	152.29
2.03	SEGURIDAD Y CALIDAD DE OBRA						
2.03.01	Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente	glb	1	78,259.62	78,259.62	18.18	266.84
2.03.02	Calidad	glb	1	30,734.89	30,734.89	18.18	266.84

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Presupuesto de obra (2 de 2)

ESTRUCTURAS						7,526,279.09		
3	ESTRUCTURAS SOTANOS							
3.01	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE							
3.01.01	FALSAS ZAPATAS							
3.01.01.01	Concreto Ciclopeo 1:10 + 30% piedra grande - fc=100 kg/cm2 - Falsas Zapata	m3	187.94	142.56	26,792.73	526.23	7,006.40	
3.01.02	LOSA DE PISO							
3.01.02.01	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	1,082.15	231.93	250,983.05	1,229.32	16,297.18	
3.01.02.02	Encofrado de losa	m1	1,337.85	22.99	30,757.17	1,459.46	22,208.31	
3.01.02.03	Curado con agua para estructura	m2	7,214.33	1.17	8,440.77	265.49	3,318.59	
3.01.02.04	Junta de borde rellena con poliestireno expandido	m1	836.39	10.69	8,941.01	203.74	2,919.00	
3.01.02.05	Junta de vaciado con masterfill 300MBT	m1	463.22	10.69	4,951.82	112.84	1,616.64	
3.01.02.06	Junta de contracción(CORTE)	m1	5,261.29	5.3	27,990.84	966.48	14,417.92	
03.01.03	ACABADO DE LOSA DE PISOS DE ESTACIONAMIENTO							
03.01.03.01	Acabado barrido de losa de pisos de estacionamiento	m2	22,862.00	9.97	227,934.14	14,300.18	201,871.46	
3.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO TOTAL							
03.02.01	ZAPATAS							
03.02.01.01	Concreto fc=210 kg/cm2 en Zapatas	m3	399.22	232.28	92,730.82	459.9	6,144.00	
03.02.01.02	Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	10,276.21	3.06	31,445.20	491.2	7,193.35	
03.02.01.03	Encofrado normal y desencofrado en Zapatas	m2	727.46	25.32	18,419.29	948.54	13,712.62	
03.02.01.04	Curado con agua para estructura	m2	727.46	1.17	851.13	26.77	334.63	
03.02.02	CIMENTOS-DE MUROS							
01.02.02.01	Concreto fc=210 kg/cm2 de cimientos muros	m3	546.99	231.93	126,863.39	621.38	8,237.67	
01.02.02.02	Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	12,316.05	3.06	37,687.11	588.71	8,621.24	
01.02.02.03	Encofrado normal y desencofrado en cimientos	m2	1,103.24	25.32	27,934.04	1,438.51	20,796.07	
01.02.02.04	Curado con agua para estructura	m2	577.24	1.17	675.37	21.24	265.53	
03.02.03	ELEMENTOS VERTICALES							
03.02.03.01	MURO ARMADO							
03.02.03.01.01	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	3,667.42	232.24	851,721.62	4,166.19	55,231.35	
03.02.03.01.02	Encofrado y desencofrado de muro	m2	18,753.83	26.17	490,787.73	24,453.12	353,509.70	
03.02.03.01.03	Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	254,524.05	3.06	778,843.59	12,166.25	178,166.84	
03.02.03.01.04	Curador de concreto para estructura	m2	15,593.83	1.17	18,244.78	573.85	7,173.16	
03.02.03.02	COLUMNAS							
03.02.03.02.01	Concreto fc= 210 Kg/cm2	m3	261.48	232.24	60,726.12	297.04	3,937.89	
03.02.03.02.02	Encofrado y desencofrado normal	m2	2,963.44	29.53	87,510.38	4,508.28	65,225.31	
03.02.03.02.03	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	36,830.15	3.06	112,700.26	1,760.48	25,781.11	
03.02.03.02.04	Curado de estructura	m2	2,963.44	1.17	3,467.22	109.05	1,363.18	
03.02.04	ELEMENTOS HORIZONTALES							
03.02.04.01	VIGAS							
03.02.04.01.01	Concreto fc=210 kg/cm2 en vigas.	m3	1,163.24	231.93	269,790.25	1,321.44	17,518.39	
03.02.04.01.02	Encofrado normal y desencofrado en vigas	m2	8,152.60	31.62	257,785.21	13,530.05	195,662.40	
03.02.04.01.03	Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	191,790.36	3.06	586,878.50	9,167.58	134,253.25	
03.02.04.01.04	Curador de concreto para estructura	m2	8,152.60	1.17	9,538.54	300.02	3,750.20	
03.02.04.02	LOSAS ALIGERADAS ALITEC							
03.02.04.02.01	Concreto fc= 210 kg/cm2	m3	2,019.57	231.93	468,398.87	2,294.23	30,414.72	
03.02.04.02.02	Encofrado y desencofrado normal	m2	25,244.60	13.84	349,385.26	21,945.13	317,324.62	
03.02.04.02.03	Viguetas Alitec	m2	25,244.60	48.66	1,228,402.24	14,828.68	197,412.77	
03.02.04.02.04	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	109,531.23	3.06	335,165.56	5,235.59	76,671.86	
03.02.04.02.05	Curado de estructura	m2	25,244.60	1.17	29,536.18	929	11,612.52	
03.02.04.03	LOSAS MACIZAS							
03.02.04.03.01	Concreto fc= 210 kg/cm2	m3	863.82	231.93	200,345.77	981.3	13,009.13	
03.02.04.03.02	Encofrado y desencofrado normal	m2	3,418.52	28.57	97,667.12	5,200.59	75,241.63	
03.02.04.03.03	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	45,534.97	3.06	139,337.01	2,176.57	31,874.48	
03.02.04.03.04	Curado de estructura	m2	2,698.52	1.17	3,157.27	99.31	1,241.32	
03.02.04.04	ESCALERA							
03.02.04.04.01	Concreto fc=210 kg/cm2 para escaleras	m3	43.2	231.93	10,019.38	49.08	650.59	
03.02.04.04.02	Encofrado y desencofrado de escaleras	m2	234.36	22.98	5,385.59	295.41	4,340.35	
03.02.04.04.03	Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	3,822.68	3.06	11,697.40	182.72	2,675.88	
03.02.04.04.04	Curado de estructura	m2	234.36	1.17	274.2	8.62	107.81	
03.02.05	CISTERNA							
03.02.05.01	CISTERNA DOMESTICA Y CONTRAINCENDIO							
03.02.05.01.01	Concreto fc=210 kg/cm2	m3	926.5		0			
03.02.05.01.02	Encofrado y desencofrado de Cisterna	m2	3,720.28		0			
03.02.05.01.03	Acero fy= 4200 kg/cm2	kg	60,703.57	3.06	185,752.92	2,901.63	42,492.50	
03.02.05.01.04	Curador de concreto para estructura	m2	3,720.28	1.17	4,352.73	136.91	1,711.33	
03.02.05.01.05	Water Stop 9"	m1	370.5	16.22	6,009.51	74.1	1,222.65	
	TOTAL (S/.)				S/16,618,439.35	244,853.02	S/3,131,246.69	
						HH	S/.	

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Se ha tomado el presupuesto de obra para poder indicar cuantas horas hombre tenemos para gastar, esto se obtiene multiplicando el metrado por las HH del análisis de precio unitario de cada partida, una vez obtenida esta cantidad total de horas hombre se juntan partidas comunes para controlarlos en un formato nuevo llamado ISP (informe de semanal de producción).

5.4.1. ISP (Informe Semanal de Producción)

A continuación, se juntan las partidas del presupuesto anterior para el ISP:

Rendimiento del Presupuesto.

RESUMEN PARA EL ISP					
TAREO WEB	DESCRIPCION	Und	PPTO		
			METRADO	MO HH	S/.
	OBRAS PRELIMINARES				
001	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	glb	1	23.6365	327.49
002	CERCO DE OBRA	ml	371.24	1,077.23	17,518.08
	OBRAS PROVISIONALES				
001	TOPOGRAFIA	mes	7	1,170.91	16,051.63
002	ELECTRICO Y SANITARIO PERMANENTE DE OBRA	mes	7	583.27	8,682.24
003	LIMPIEZA DE OBRA	mes	7	725.82	9,071.44
004	ACARREO HORIZONTAL	mes	7	1,333.82	16,804.48
005	ACARREO VERTICAL	mes	7	12,828.07	211,798.65
006	VIGILANCIA				
007	OFICINA CONTEINER, DOSIFICADORA, BAÑO	m2	5,528.00	3,301.56	47,182.07
008	VARIOS ESCALERA ACROW Y REPARACION DE VERED	und	4	1,421.09	19,569.42
	SEGURIDAD Y CALIDAD				
001	SEGURIDAD	glb	1	18.18	266.84
002	CALIDAD	glb	1	18.18	266.84
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
001	PERFILADO Y COMPACTADO	m2	10,066.00	1,493.79	19,226.06
002	EXCAVACION LOCALIZADA				
003	EXCAVACION MASIVA	m3	128,950.69	5,635.15	72,212.39
	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES				
001	ANCLAJES PARA ESTABILIZAR TALUD	ml	2,733.00	99.48	2,077.08
002	SHOTCRETE 4" VIA HUMEDA	m2	2,359.00	1,143.76	1,203.09

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Rendimiento del Presupuesto (Continuación)

	CONCRETO SIMPLE				
001	SOLADO	m2		0	0
002	CONCRETO FALSA ZAPATA	m3	187.94	526.23	7,006.40
003	FALSA CIMENTACION (RELLENO FLUIDO)	m3	39,022.48	56,118.23	438,222.45
	CONCRETO ARMADO				
001	CONCRETO VERTICAL	m3	3,928.90	4,463.23	59,169.23
002	CONCRETO HORIZONTAL	m3	6,118.19	6,956.65	92,271.68
003	CURADO	m2	67,126.66	2,470.26	30,878.26
004	ACABADO DE LOSA DE PISOS DE ESTACIONAMIENTO	m2	22,862.00	14,300.18	201,871.46
	ENCOFRADO				
001	ENCOFRADO VERTICAL	m2	21,717.27	28,961.40	418,735.01
002	ENCOFRADO DE VIGAS, ESCALERAS Y CIMENTACION	m2	14,032.69	20,721.12	300,740.36
003	ENCOFRADO LOSAS	m2	53,907.72	41,974.40	589,979.02
004	ENCOFRADO DE LOSA DE PISO	ml	1,337.85	1,459.46	22,208.31
	ACERO				
001	ACERO	kg	725,329.27	34,670.74	507,730.49
	VARIOS ESTRUCTURAS				
001	JUNTAS	ml	6,580.90	1,283.06	18,953.56
002	WATERSTOP	ml	370.5	74.1	1,222.65
	VARIOS				
001	SINDICATO		0	0	0
002	BOMBEROS DE CONCRETO		0	0	0
				244,853.00	3,131,247.00
		SOTANO		HH	S/.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

De este cuadro podemos obtener los siguientes rendimientos de la partida que nos interesa analizar:

Partida: Mejoramiento de suelo (relleno fluido)

Metrado: 39022.48 m³

Parcial HH: 56118.23 HH

Rendimiento: 1.44 HH/m³

Se puede observar que para realizar el vaciado de 1 m³ de concreto vertical se necesita 1.44 HH según rendimientos del análisis de costo unitario.

A continuación, se presenta el ISP con las partidas de control, descripción cantidad en metrado, cantidad en HH y el costo de cada uno de ellos con valores META

Quiere decir con metrados de obra diferentes al presupuesto).

Ello con la finalidad de hacer seguimiento semana a semana de su rendimiento y mejora continua:

Costo de Mano de Obra del Presupuesto.

PARTIDA DE CONTROL	DESCRIPCION	PR ESU PU EST O M E T A		
		CANT.	HH	S/.
1	OBRAS PRELIMINARES			
1.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION	23.64	592	7,570.66
1.02	CERCO DE OBRA	1,077.23	1,344.00	17,187.44
2	OBRAS PROVISIONALES			
2.01	TOPOGRAFIA	1,170.91	3,964.00	50,692.71
2.02	ELECTRICO Y SANITARIO PERMANENTE DE OBRA	583.27	3,600.00	46,037.77
2.03	LIMPIEZA DE OBRA	725.82	8,044.80	102,879.08
2.04	ACARREO HORIZONTAL	1,333.82	3,564.00	45,577.40
2.05	ACARREO VERTICAL	12,828.07	15,000.00	191,824.06
2.07	OFICINA CONTEINER, DOSIFICADORA, BAÑO	3,301.56	3,072.00	39,285.57
2.08	VARIOS ESCALERA ACROW Y REPARACION DE VEREDAS,TRAZO REPLANTEO MOV. DE TIERRAS	1,421.09	192	2,455.35
2.09	SINDICATO	-	4,800.00	61,383.70
3	SEGURIDAD Y CALIDAD			
3.01	SEGURIDAD	18.18	5,839.50	74,677.11
3.02	CALIDAD	18.18	1,920.00	24,553.48
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
4.01	PERFILADO Y COMPACTADO	1,493.79	837.25	10,706.98
4.03	EXCAVACION MASIVA	5,635.15	3,470.00	44,375.30
4.07	RELLENO ENTRE TALUD Y MUROS DE SOTANOS	-	11,629.40	148,719.95
4.08	PERFILADO EN CIMENTOS Y ZAPATAS	-	1,193.30	15,260.24
5	ESTABILIZACIÓN DE TALUDES			
5.01	ANCLAJES PARA ESTABILIZAR TALUD	99.48	-	-
5.02	SHOTCRETE 4" VIA HUMEDA	1,143.76	3,444.00	44,042.80
6	CONCRETO SIMPLE			
6.01	SOLADO	-	1,288.39	16,476.25
6.02	CONCRETO FALSA ZAPATA	526.23	1,445.49	18,485.26
6.03	RELLENO FLUIDO DE (Fc 20 kg/cm2)	56,118.23	30,518.73	390,281.82
6.04	BOMBEROS DE CONCRETO	-	9,484.00	121,283.96
7	CONCRETO ARMADO			
7.01	CONCRETO VERTICAL	4,463.23	4,271.99	54,631.31
7.02	CONCRETO HORIZONTAL	6,956.65	5,260.56	67,273.49
7.03	CURADO	2,470.26	3,025.41	38,689.72
7.04	ACABADO DE LOSA DE PISOS DE ESTACIONAMIENTO	14,300.18	14,574.53	186,382.97
8	ENCOFRADO			
8.01	ENCOFRADO VERTICAL	28,961.40	28,838.46	368,794.01
8.02	ENCOFRADO DE VIGAS, ESCALERAS Y CIMENTACION	20,721.12	15,012.74	191,987.02
8.03	ENCOFRADO LOSAS	41,974.40	20,394.49	260,810.30
8.04	ENCOFRADO DE LOSA DE PISO	1,459.46	642.6	8,217.74
9	ACERO			
9.01	ACERO	34,670.74	45,977.76	581,200.67
10	VARIOS ESTRUCTURAS			
10.01	Juntas	1,283.06	1,008.00	12,890.58
10.02	WATER STOP	74.1	69.36	886.93
TOTALES			254,319.00	3,245,522.00
			HH	S/.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Del cuadro anterior hay un total de 254,319 HH (de acuerdo al metrado meta), comparando con el presupuesto que era de 244,853 HH, este valor es mayor ya que se realizó un metrado en obra y dio como resultado mayor cantidad de metrado, esto nos sirve para una mejora continua en los próximos metrados que realice la oficina principal, estos deben ser iguales o casi igual para poder tener mejores resultados al final de obra.

Esto quiere decir que la bolsa de HH para gastar serán las que se metraron realmente en obra, y con esto trabajaremos semana a semana para revisar el rendimiento.

CAPÍTULO VI

PRODUCTIVIDAD EN OBRA

6.1. PRODUCTIVIDAD CON CARMIX

Se presentará un ejemplo de carta balance del vaciado de concreto fluido con Carmix (auto concretera móvil), este trabajo se realizó en 2 días, 4 muestras de la siguiente manera: lunes en la mañana, lunes en la tarde, martes en la mañana y martes en la tarde, este trabajo dio como resultado la siguiente carta balance.

Significados de colores e iniciales – Carta Balance

	Actividades	
D	Descarga	TP
CA	Carga de Agua	TC
CC	Carga de Cemento	
CG	Carga de Agregado	
R	Regulación	
T	Transporte	
EI	Espera por Interferencia	TNC
EC	Espera por Cambio	
E	Espera por Terceros	
UV	Volteo de Cabina	

Fuente: Metodología Last Planner.

TP	Tiempo Productivo
TC	Tiempo Contributorio
TNC	Tiempo No Contributorio

A continuación, se muestran los resultados de los 4 turnos:

Resultado de muestras en cantidades – Carta Balance de partida de relleno fluido

			L (M)	L (T)	M (M)	M (T)	Subtotales
D	TP	Descarga	98	118	103	105	424
CA	TC	Carga de Agua	112	148	141	145	546
CC		Carga de Cemento	67	88	91	72	318
CG		Carga de Agregado	110	125	125	133	493
R		Regulación	88	163	138	128	517
T		Transporte	68	68	56	71	263
EI	TNC	Espera por Interferencias	1	3	5	11	20
EC		Espera por Cambio	0	0	4	0	4
E		Espera por Terceros	74	50	11	4	139
UV		Volteo de Cabina	2	0	0	0	2
TT			620	763	674	669	2726

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

L (M): Lunes en la mañana

L (T): Lunes en la tarde

M (M): Martes en la mañana

M (T): Martes en la tarde.

Resultado de muestras en porcentajes – Carta Balance de partida de relleno fluido.

			L (M)	L (T)	M (M)	M (T)	Sub totales
D	TP	Descarga	16%	15%	15%	16%	16%
CA	TC	Carga de Agua	18%	19%	21%	22%	20%
CC		Carga de Cemento	11%	12%	14%	11%	12%
CG		Carga de Agregado	18%	16%	19%	20%	18%
R		Regulación	14%	21%	20%	19%	19%
T		Transporte	11%	9%	8%	11%	10%
EI	TNC	Espera por Inteferencia	0%	0%	1%	2%	1%
EC		Espera por Cambio	0%	0%	1%	0%	0%
E		Espera por Terceros	12%	7%	2%	1%	5%
UV		Volteo de Cabina	0%	0%	0%	0%	0%
TT			100%	100%	100%	100%	100%

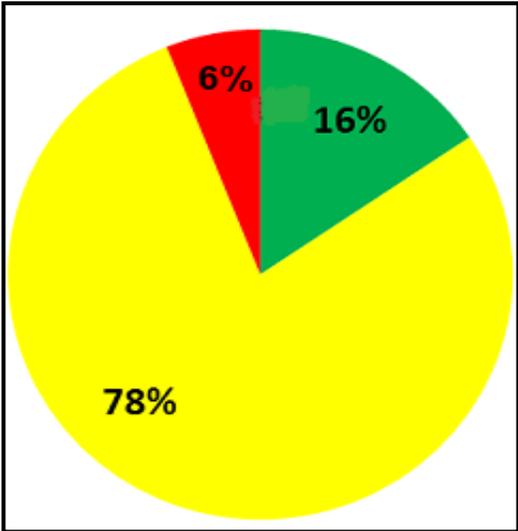
Fuente: Inmobiliari S.A.C.

En resumen, se obtiene el siguiente resultado los tiempos productivos, contributorios y no contributorios:

Resultado de muestras en porcentajes de Carta Balance de partida de relleno fluido

		L (M)	L (T)	M (M)	M (T)	
TP		16%	15%	15%	16%	16%
TC		72%	78%	82%	82%	78%
TNC		12%	7%	3%	2%	6%

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

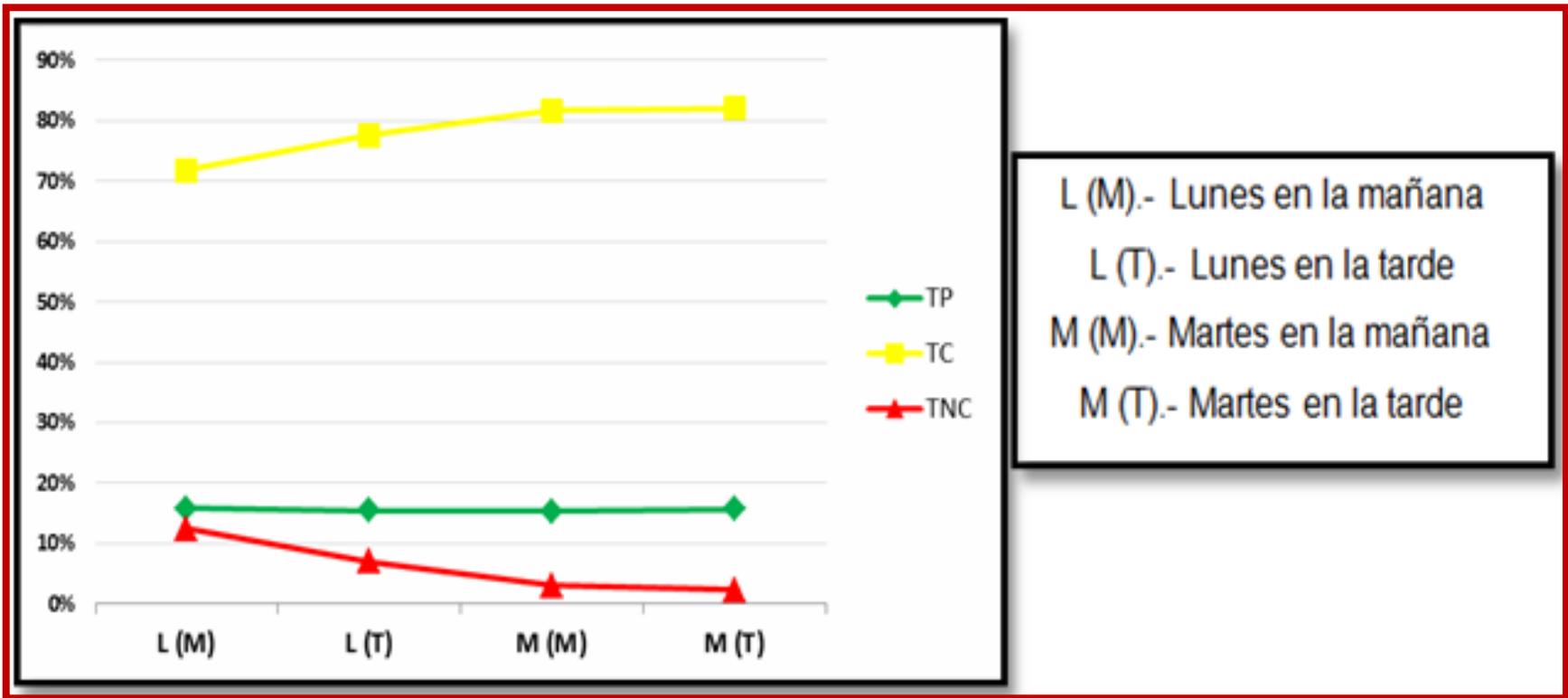


Leyenda:

TP	Tiempo Productivo
TC	Tiempo Contributorio
TNC	Tiempo No Contributorio

Resultado final de Carta Balance – partida de relleno fluido

Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Resultado de muestras en porcentajes – Carta Balance de partida de relleno fluido.

En esta toma de información en 4 etapas, con las recomendaciones dadas y los tiempos muertos que se daba por tiempos de espera por mala programación o porque no se tenía listo el lugar de vaciado o las interferencias que había.

Esto se redujo en la última muestra ya que se mejoró estos atrasos y se pudo optimizar el trabajo de vaciado de relleno fluido con auto concreteiras (Carmix).

6.2. PRODUCTIVIDAD CON PLANTA DOSIFICADORA

Aplicación de mediciones de productividad en vaciado de relleno fluido con planta concreteira.

Ahora se va a realizar un estudio de productividad en la obra Casa Club Recrea El Agustino (primera etapa - sótanos y relleno fluido) y a continuación se va a mencionar algunos detalles de dicha obra:

Aspecto tecnológico:

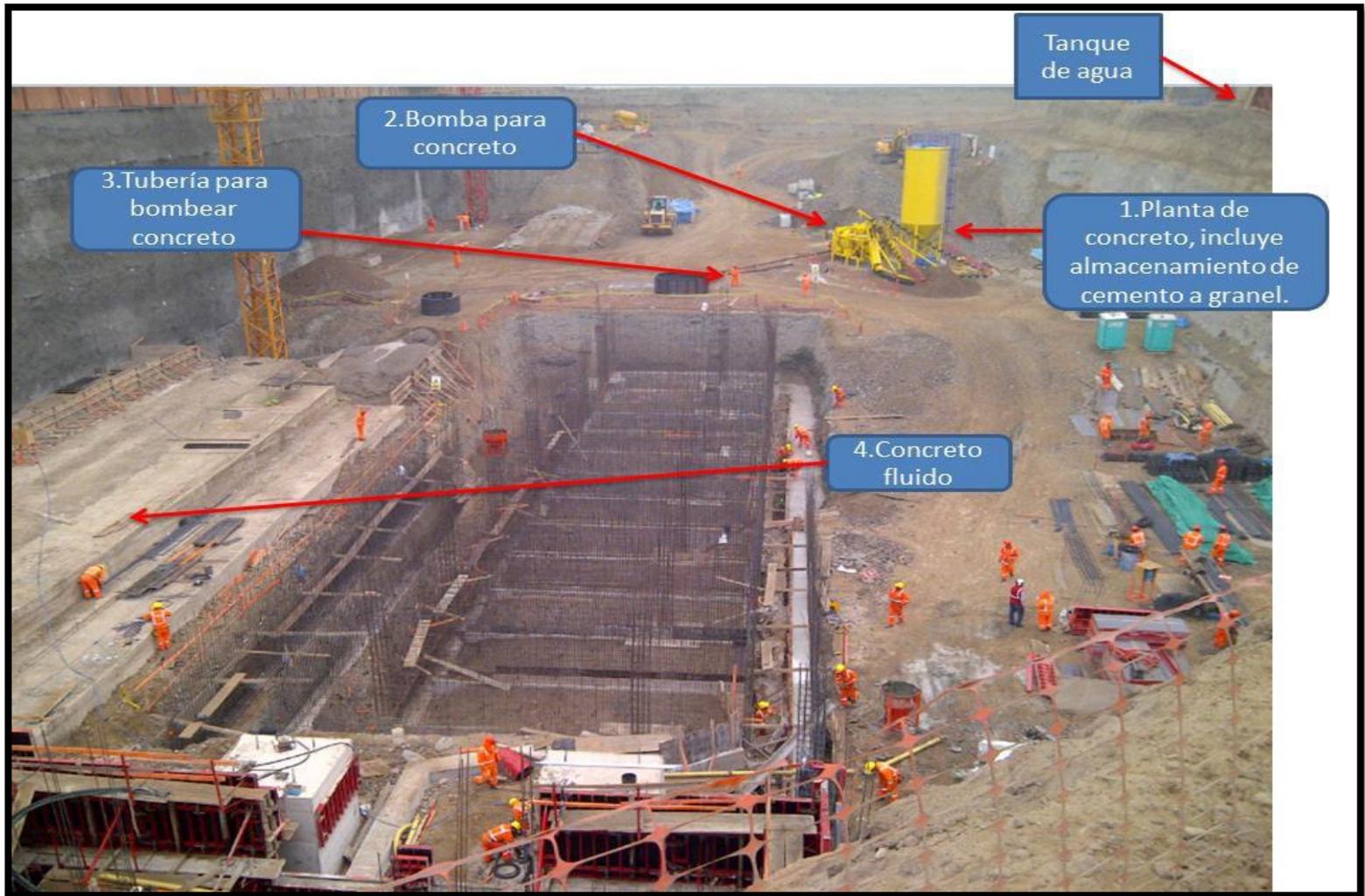
- Planta de concreto:

La obra cuenta con su propia planta concreteira, planta dosificadora de concreto marca Piccini.



Planta dosificadora de concreto Piccini utilizada en obra.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

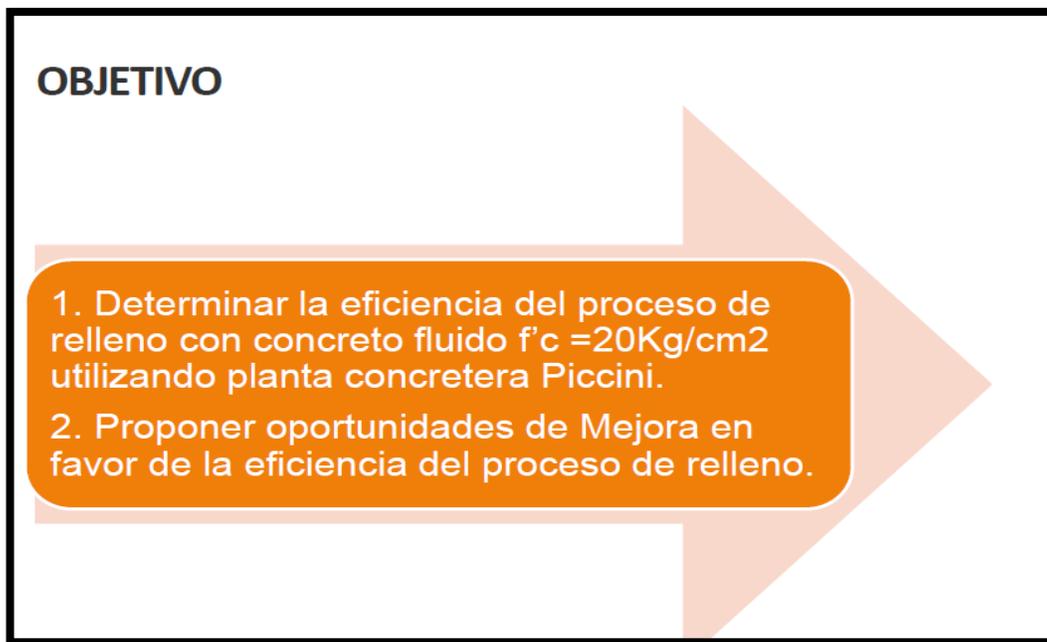


Ubicación de equipos para vaciado de concreto fluido.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

En la imagen se muestra como está distribuido el trabajo del vaciado del concreto fluido, se inicia con la producción del concreto fluido, luego se distribuye con una bomba de concreto por medio de tuberías metálicas hasta su lugar de vaciado.

Se hizo un estudio de eficiencia de vaciado del relleno fluido que se detallan a continuación:



Objetivo de mediciones de productividad en relleno fluido.
Fuente: Inmobiliari S.A.C.

El esquema de trabajo implementado con la finalidad de maximizar la producción en la ejecución de esta partida fue el siguiente

ESQUEMA DE TRABAJO

Definir

- Presentación del caso, estado actual, visita.
- Reunión con involucrados, percepciones.

Medir

- Análisis de métricas requeridas.
- Validación de formatos, trabajo de campo.

Analizar

- Trabajo de gabinete.
- Estadísticas e interpretación.

Mejorar

- Propuestas de mejora cualitativa.
- Propuestas de mejora cuantitativa.

Controlar

- Aplicación de propuesta y seguimiento en campo, métrica debe ser simple sencilla.

Esquema de trabajo para la eficiencia del proceso.

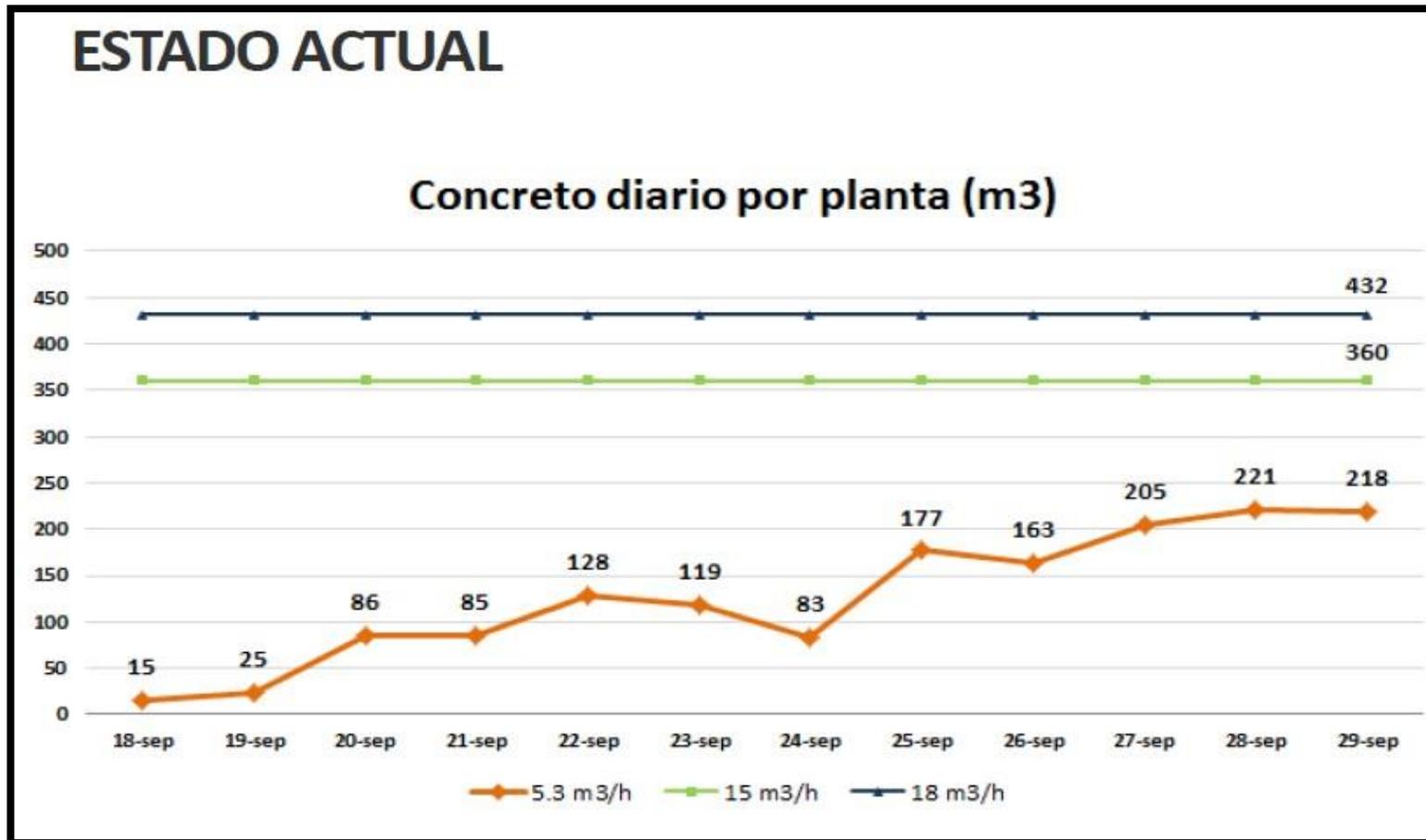
Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Imagen de obra durante vaciado de concreto fluido.

Fuente: Propia.

A continuación, se muestra el gráfico de la situación inicial en la que se encontraba:

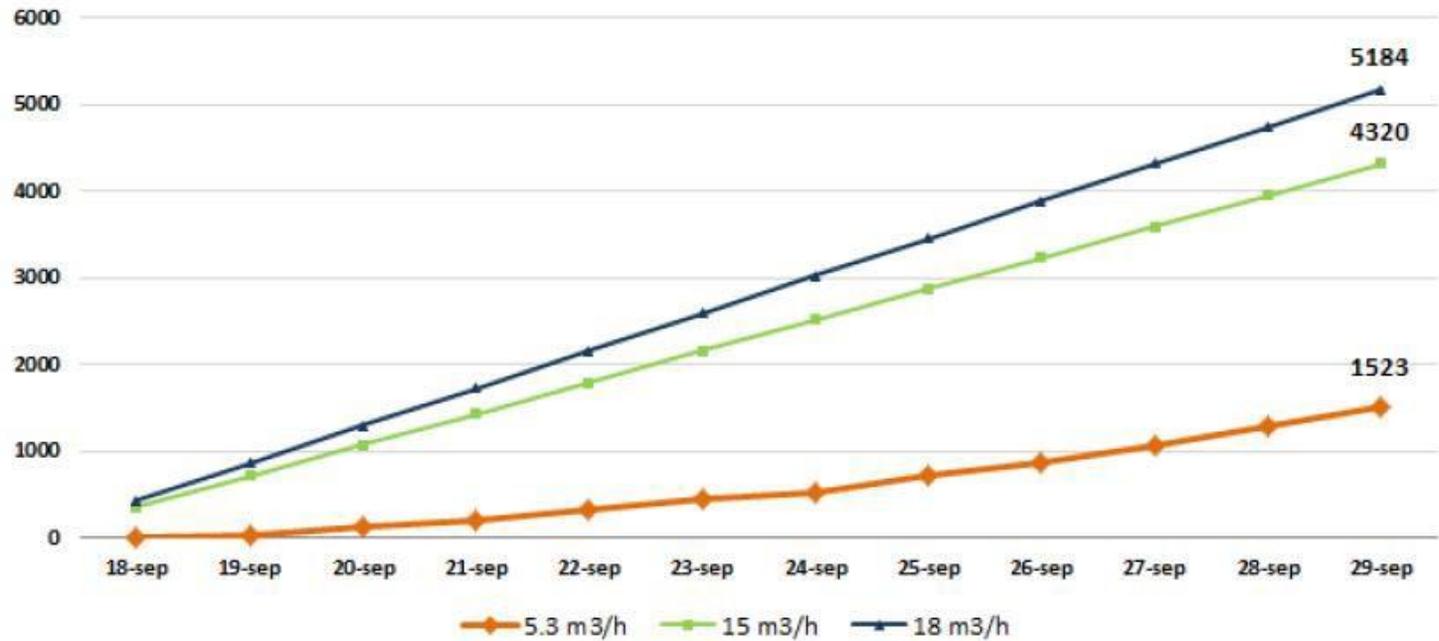


Cantidad de concreto real, ideal y del proyecto.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

ESTADO ACTUAL

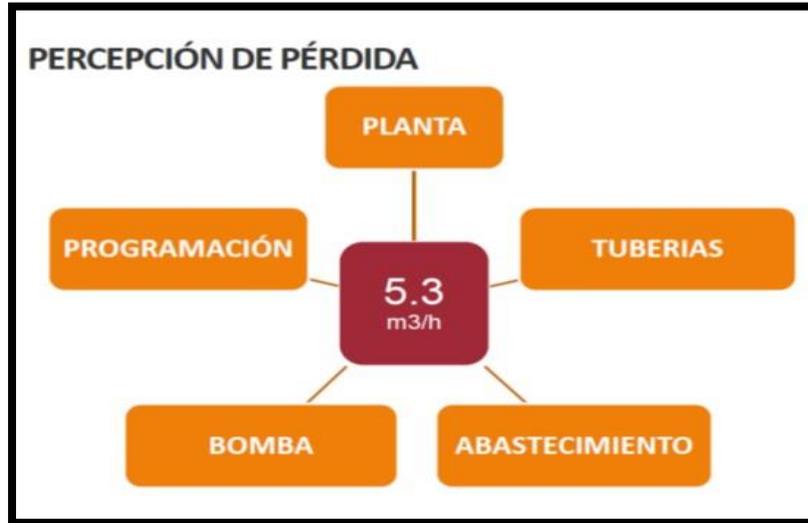
Concreto acumulado por planta (m3)



Cantidad de concreto real, ideal y del proyecto acumulados.

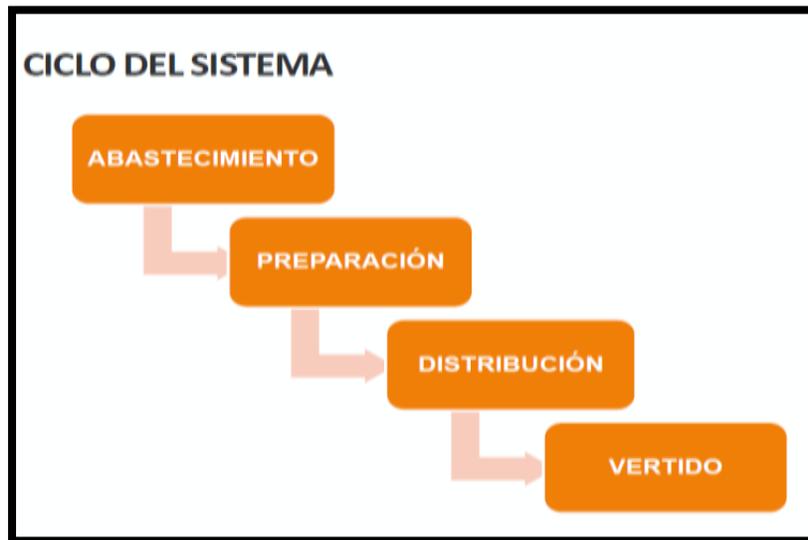
Fuente: Inmobiliari S.A.C.

La situación de bombeo no eran las óptimas, debido a que con esta producción no se cumpliría nuestra proyección.



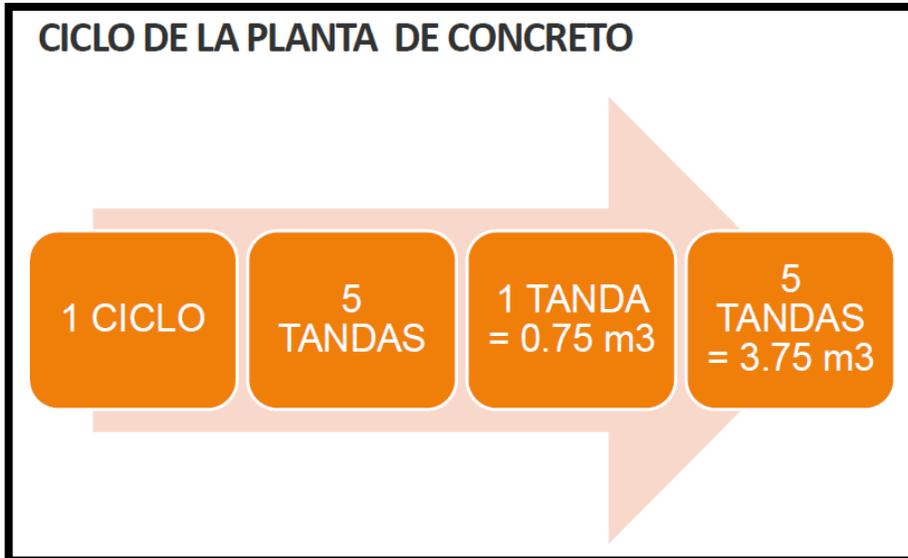
Volumen de vaciado de concreto fluido real.

Fuente: Immobiliari S.A.C.



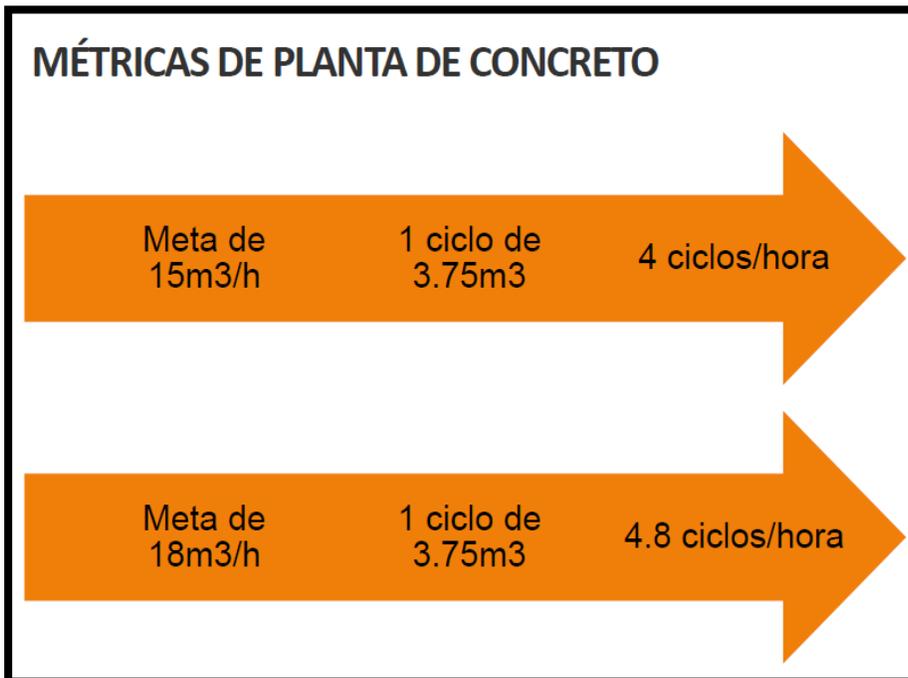
Ciclo de vaciado de concreto fluido

Fuente: Immobiliari S.A.C.



Volumen de vaciado de concreto fluido por un ciclo.

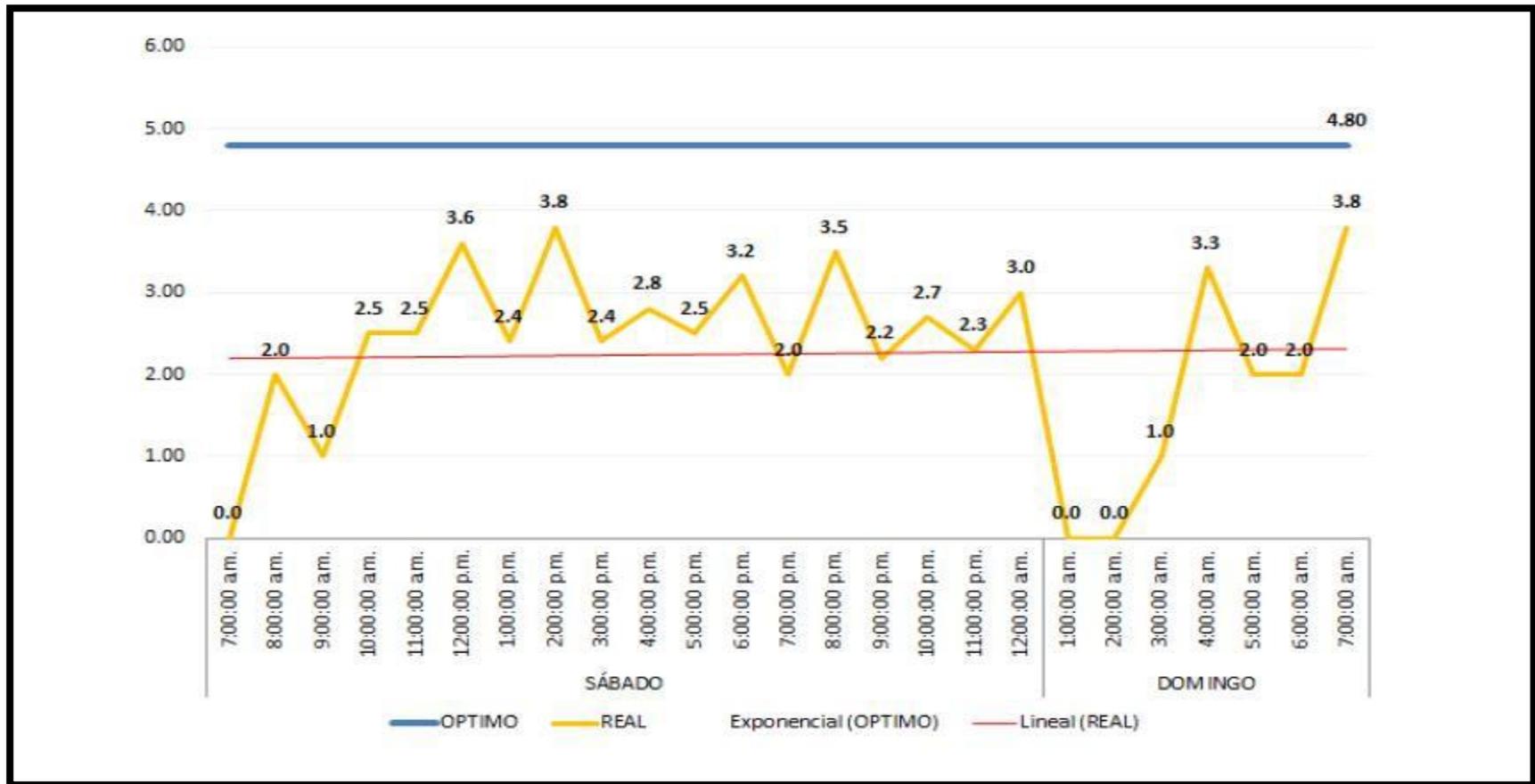
Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Volumen de concreto fluido meta

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

A continuación, se muestra un estudio hecho a la planta y a la producción que ella obtiene en un día. Para esto se mide el concreto producido por hora, es decir, por ciclo.



Toma de muestras y duración de cada ciclo.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Los datos de la preparación se registraron en el siguiente formato:

Toma de muestras en horas y problemas de las paradas

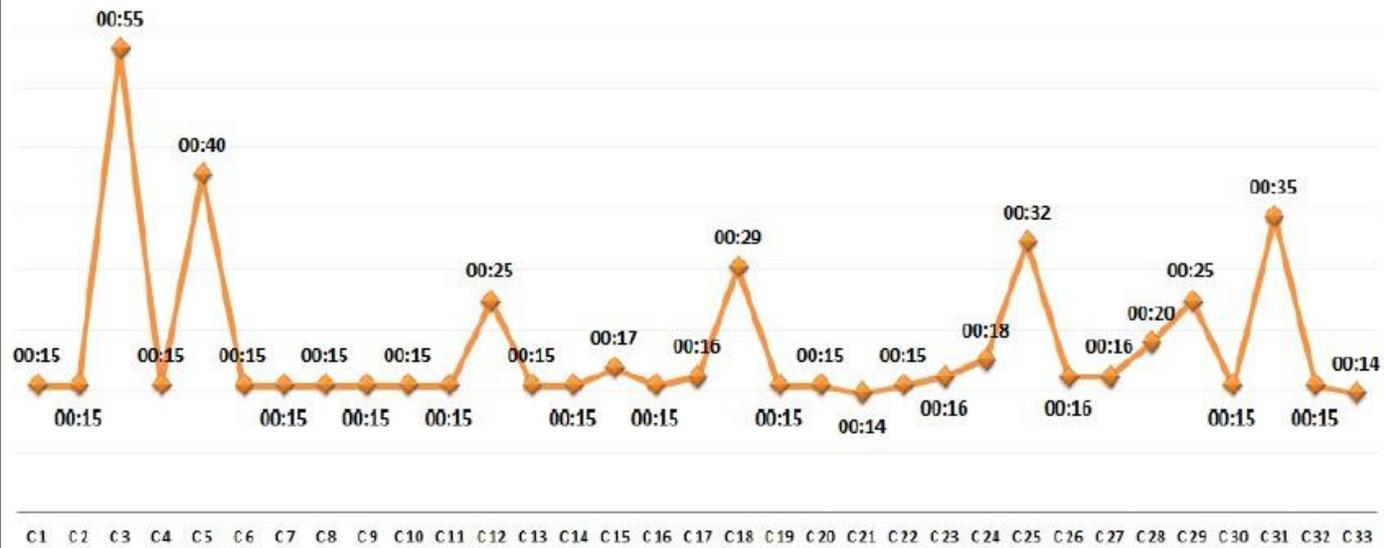
FORMATO DE TOMA DE DATOS – CICLO DE PREPARACIÓN

Nº CICLO	CICLO	TIEMPOS	OBSERVACIONES
CICLO 1	INICIO	07:25:00 a.m.	
	FIN	07:40:00 a.m.	
CICLO 2	INICIO	07:40:00 a.m.	
	FIN	07:55:00 a.m.	
		08:05:00 a.m.	CORTE DE TUBERIA
CICLO 3	INICIO	08:05:00 a.m.	
		08:16:00 a.m.	
		08:16:00 a.m.	CORTE DE TUBERIA
		08:55:00 a.m.	
	FIN	09:00:00 a.m.	
CICLO 4	INICIO	09:00:00 a.m.	
	FIN	09:15:00 a.m.	

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

DURACIÓN DE CICLO DE PLANTA

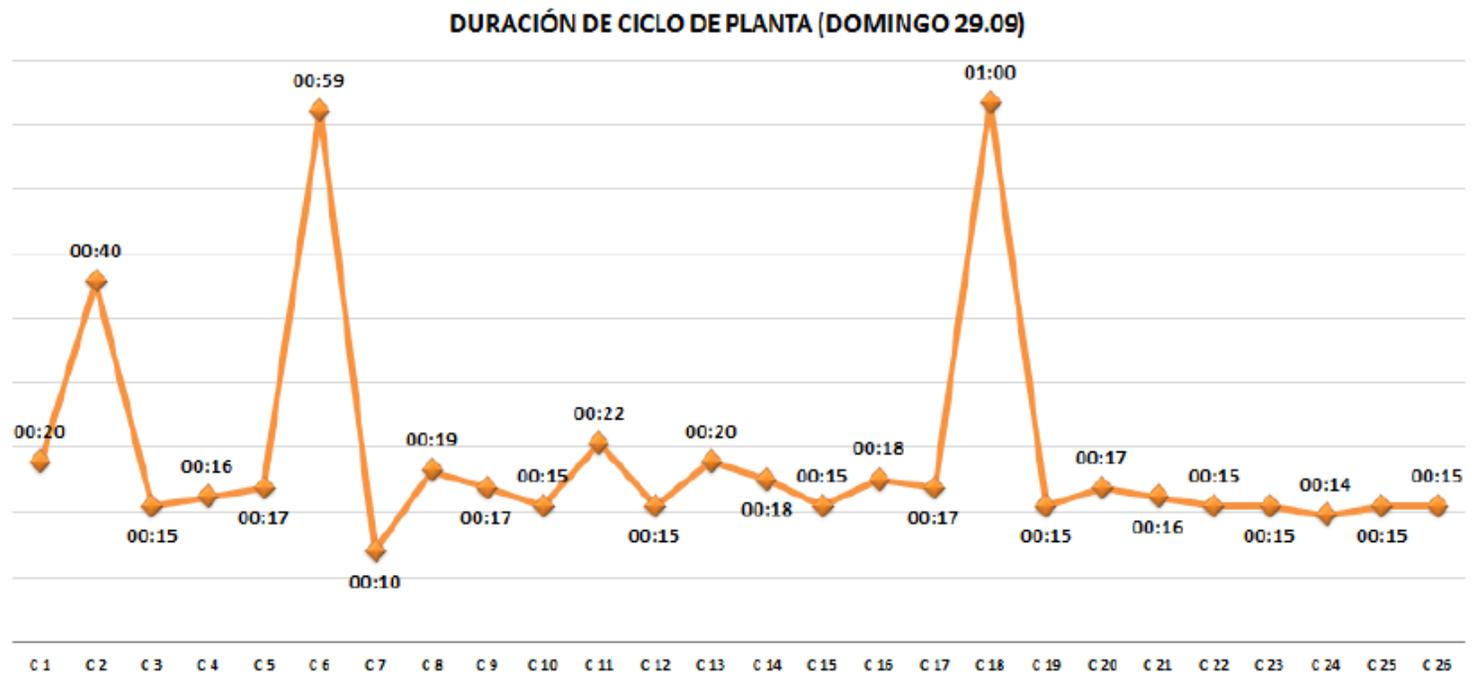
DURACIÓN DE CICLO DE PLANTA (SÁBADO 28.09)



Duración de cada tanda de preparación de relleno fluido.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

DURACIÓN DE CICLO DE PLANTA



Duración de cada tanda de preparación de relleno fluido.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Duración de paradas de planta y tuberías.

ANÁLISIS DE PARADAS

SABADO 1 ER TURNO				
TIPO	DURACIÓN	INICIO	FIN	OBSERVACIONES
PT	00:10	07:55	08:05	
PT	00:39	08:16	08:55	
PT	00:10	09:20	09:30	
PT	00:15	09:36	09:51	
PP	00:05	10:10	10:15	COMBUSTIBLE
PT	00:16	10:49	11:05	
PP	00:10	12:00	12:10	ATASCO ESCANTILÓN
PT	00:20	12:10	12:30	
PT	00:28	13:00	13:28	
PT	00:13	14:10	14:23	
PT	00:09	15:21	15:30	
PT	00:15	16:30	16:45	
PT	00:05	17:45	17:50	
PP	00:08	18:02	18:10	ATASCO REJA DE PROTECCIÓN
PT	00:22	18:37	18:59	
PP	00:10	19:34	19:44	CAMBIO DE GUARDIA

PT: Paradas por problemas en la tubería.

PP: Paradas por problemas de planta de concreto.

Fuente: Inmobiliari S.A.C

Duración de paradas de planta y tuberías.

ANÁLISIS DE PARADAS

DOMINGO NOCHE-MADRUGADA				
TIPO	DURACIÓN	INICIO	FIN	OBSERVACIONES
PP	00:28	20:10	20:38	ATASCO DE CADENA
PP	00:06	20:53	20:59	MANEJO DE EQUIPO
PT	00:03	21:05	21:08	
PT	00:38	21:45	22:23	
PT	00:06	22:25	22:31	
PT	02:41	23:54	02:45	TUBERÍA AL FONDO DEL FRENTE
PT	00:10	05:43	05:53	

DOMINGO 1 ER TURNO				
TIPO	DURACIÓN	INICIO	FIN	OBSERVACIONES
PT	00:10	07:40	07:50	
PB	00:05	08:15	08:20	
PT	00:07	08:38	08:45	
PT	00:10	08:50	09:00	
PP	00:05	09:00	09:05	TEMPLADO DE CADENA
PT	00:33	10:20	10:53	
PT	00:15	11:22	11:37	
PP	00:02	13:00	13:02	CADENA
PB	00:07	13:02	13:09	
PB	00:10	13:12	13:22	

PT: Paradas por problemas en la tubería.

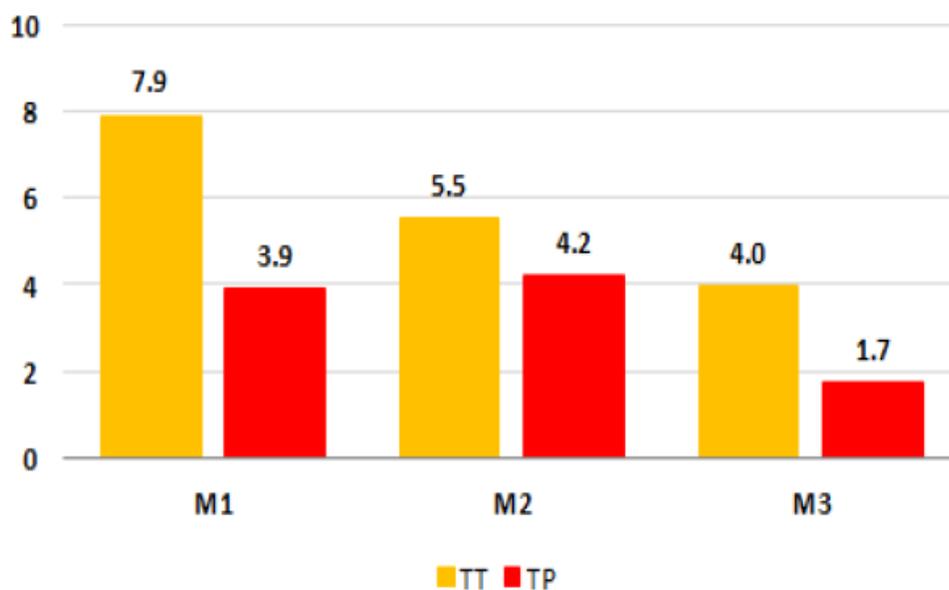
PP: Paradas por problemas de planta de concreto.

PB: Paradas por problemas de bomba de concreto

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Resultado de paradas de planta y tubería.

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS (HORAS)



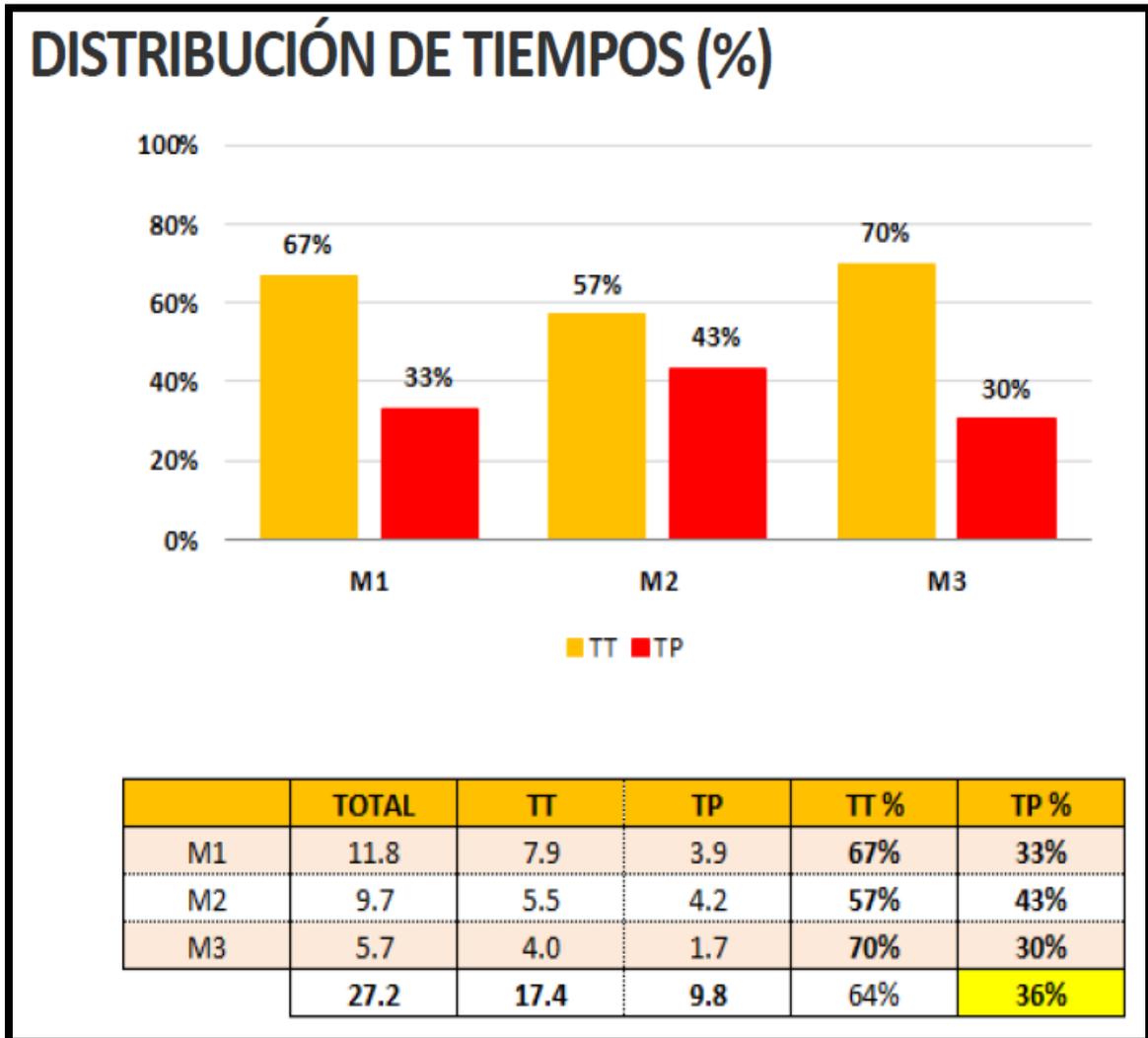
	TOTAL	TT	TP	TT %	TP %
M1	11.8	7.9	3.9	67%	33%
M2	9.7	5.5	4.2	57%	43%
M3	5.7	4.0	1.7	70%	30%
	27.2	17.4	9.8	64%	36%

TT: Tiempo destinado a la tubería de concreto.

TP: Tiempo destinado a planta de concreto.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Resultado de paradas de planta y tubería.



Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Porcentaje de tipo de paradas por tiempo.

DISGREGADO DE TIEMPOS PARADOS

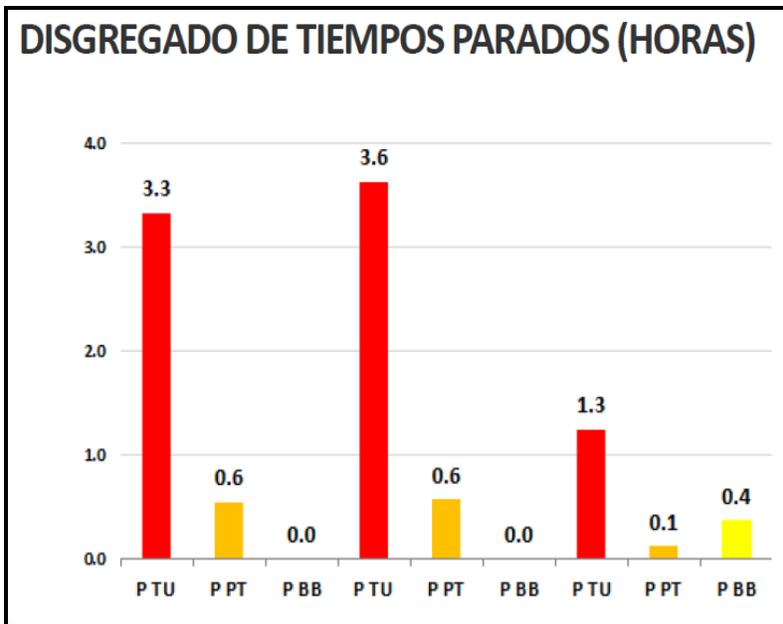
	TIPO	DURACIÓN		%
M1	P TU	00:00:00	3.3	86%
	P PT	00:00:00	0.6	14%
	P BB	00:00:00	0.0	0%
M2	P TU	00:00:00	3.6	86%
	P PT	00:00:00	0.6	14%
	P BB	00:00:00	0.0	0%
M3	P TU	00:00:00	1.3	72%
	P PT	00:00:00	0.1	7%
	P BB	00:00:00	0.4	21%

P TU: Paradas por problemas en la tubería.

P PT: Paradas por problemas de planta de concreto.

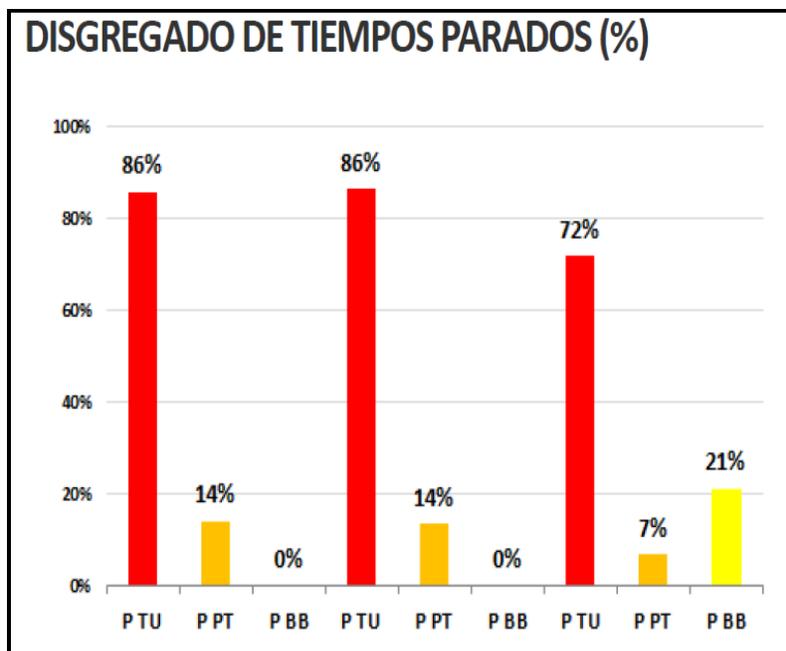
P BB: Paradas por problemas de bomba de concreto

Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Duración de paradas en horas.

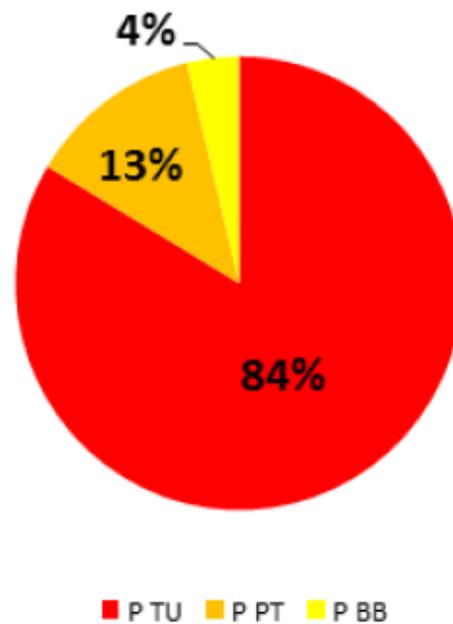
Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Duración de paradas en cuadros en porcentaje.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

DISGREGADO DE TIEMPOS PARADOS



TIPO	DURACIÓN	%
P TU	8.2	84%
P PT	1.2	13%
P BB	0.4	4%

Duración de paradas totales.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

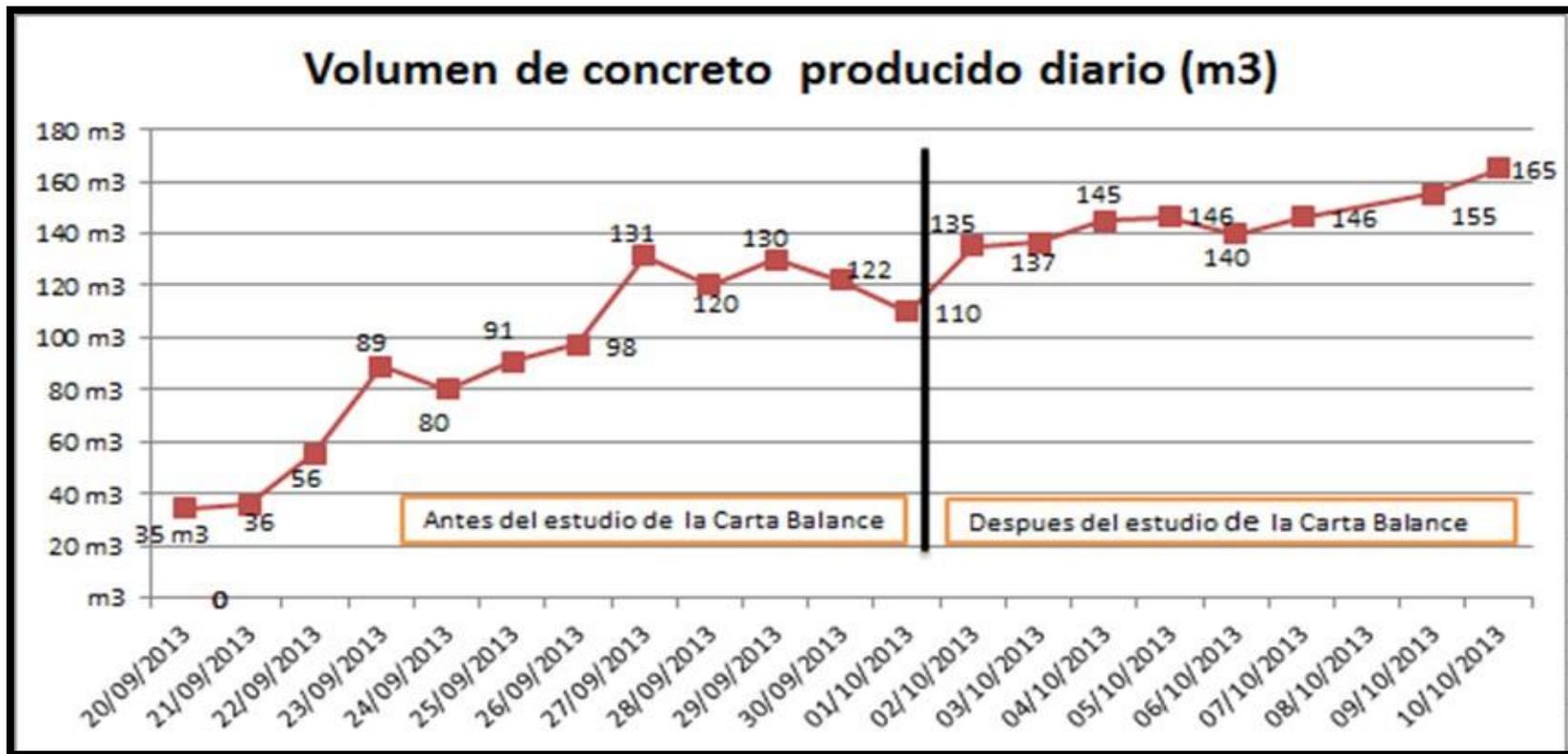
Oportunidades y consejos de mejora.

OPORTUNIDADES DE MEJORA			
	Tipo	Observaciones encontradas	Propuesta de mejora
1	Tuberías	Insuficiente personal asignado para cambios de tuberías.	Incremento de 2 a 3 ayudantes adicionales.
2	Tuberías	Insuficiente cantidad de tuberías para evitar constantes TRANSPORTES y VIAJES.	Incremento de tuberías (50%)
3	Programación	Deficiente participación de programación, buscar metas diarias.	Reunión diaria de Campo, planner, Concreto y tuberías
4	Planta y Vaciado	Deficiente comunicación entre responsable de planta y responsable de vaciados.	Coordinar comunicaciones directas.
5	Vaciado	Reforzamiento en programación de vertidos, involucrar aún mas a capataces.	Involucrar aún mas al capataz o jefe de cuadrilla.
6	Planta	Problemas de atoro en la planta de concreto.	Proteger la cadena
7	Planta	Pérdidas de tiempo por piedras superiores a 4" - 6" en planta de concreto.	Colocar malla cocada en tolva.
8	Abastecimiento	Abastecimiento de materiales.	Cuidar los stocks adecuados de agregados, cemento, agua y aditivo, llevar control de

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

Aplicando estas propuestas de mejora en tubería de bomba de concreto, planta dosificadora de concreto, programación, vaciado y abastecimiento de materiales se optimiza el vaciado de relleno fluido para minimizar al máximo las pérdidas y aumentar la producción, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Histograma de volumen de concreto producido por día, antes y después de la aplicación de la Carta Balance



Fuente: Inmobiliari S.A.C.

ISP (Informe Semanal de Producción de la partida de relleno fluido en la semana 42 y 43 del año 2013 con rendimientos en amarillo).

I. S. P		CASA CLUB RECREA	
SEMANA N°:			
PARTIDA DE CONTRATO	DESCRIPCION	SEM 42	SEM 43
		24-sep	01-oct
6.03	RELLENOS (RELLENO FLUIDO DE Fc 20 kg/cm2)		
	Producción del Periodo	665.00	1,015.00
	Producción Acumulada	12,215.00	13,230.00
	H-H del Periodo	1,796.00	1,832.50
	H-H Acumuladas	10,423.00	12,255.50
	Rendimiento del Periodo	0.90	0.79
	Rendimiento Acumulado	0.95	0.85
	Monto del Periodo	26,043.00	28,148.70
	Monto Acumuladas	148,544.90	176,693.60
	Ratio del Periodo	39.16	27.73
	Ratio Acumulado	12.16	13.36

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

CONCLUSIONES

- Se puede concluir que estos rellenos fluidos son una solución muy oportuna y con numerosas ventajas para este tipo de obras. Por tal motivo, constituyen una opción que debería ser considerada y evaluada, teniendo en cuenta que el costo de un suelo-cemento fluido (relleno fluido) frente al de un relleno granular u otros métodos más complejos y costosos queda de sobra compensado por los beneficios que se derivan de su uso, siendo menores los costos globales en muchos casos.
- Entre estos beneficios se pueden destacar la facilidad de colocación en obra, no necesitan compactación, la homogeneidad y sobre todo la seguridad que infiere su comportamiento a largo plazo, con ausencia de asentamientos y deformaciones, que pueden ser molestias para los beneficiarios o constructores, ya que existe posibilidad que en el futuro tengan que hacer costosas reparaciones, cuando se trata de rellenos granulares.
- Considerando los resultados de la tabla 17 Histograma de volumen de concreto producido por día, antes y después de la aplicación de la Carta Balance, se observa el rendimiento del personal de la partida del relleno fluido y aplicando estas propuestas de mejora en tubería de bomba de concreto, planta dosificadora de concreto, programación, vaciado y abastecimiento de materiales se optimiza el vaciado de relleno fluido para minimizar al máximo las pérdidas y aumentar la producción, esto representa un ahorro debido a que el personal obrero se especializa en las actividades repetitivas que realiza diariamente.

RECOMENDACIONES

- No se recomienda solicitar rellenos fluidos de empresas proveedoras de relleno fluido premezclado para éste tipo de obras debido a la gran cantidad de volumen a vaciar lógicamente su producto es de calidad y garantizado, pero encarecen en gran magnitud el presupuesto de una obra.
- En Perú existen diversos materiales que pueden ser utilizados para elaborar Rellenos Fluidos, no pretendiendo limitar esta diversidad de materiales, se puede clasificar el material a usar tomando como parámetro base que no contenga más de un 20 % de arcillas.
- El muestreo con la carta balance como propuestas de mejora en la producción en la partida de relleno fluido se debe de emplear en cada partida de la obra ya que es un indicador de donde debemos mejorar para minimizar al máximo las pérdidas y aumentar la producción.

BIBLIOGRAFÍA

DS N° 011-2006 - VIVIENDA, Reglamento Nacional de Edificaciones (actualizado),
Lima, Perú, 05 de mayo del 2006.

American Concrete Institute. (2017). Concrete.org. Recuperado el 28 de diciembre del 2017, de <https://www.concrete.org/>

AISC Home | American Institute of Steel Construction. (2017). Aisc.org. Recuperado el 28 de diciembre del 2017, de <https://www.aisc.org/>

Romero, I. (1998). *Estudio económico del uso de relleno fluido en zanjas para tendido de tuberías de acero*. Reporte CTCC, CEMEX.

Jofré, C. (2000). *Rellenos con morteros y hormigones fluidos de baja resistencia controlada*. Revista Rutas.

ANEXOS

ANEXO 01

VISTAS 3D DEL PROTOTIPO DE OBRA FINALIZADA



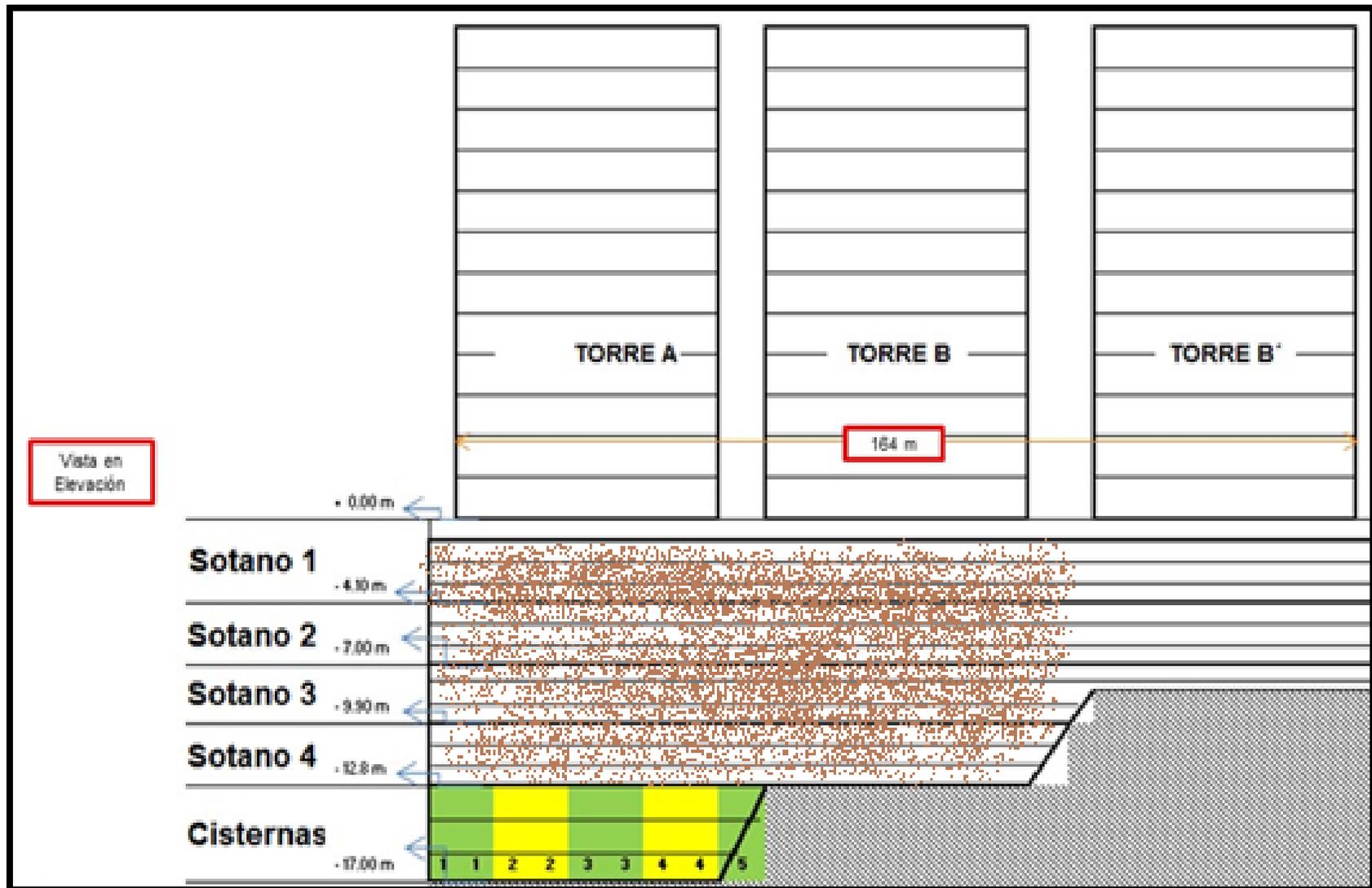
Vista de las futuras torres a construir. Fuente: Inmobiliari S.A.C.



Prototipo de Obra finalizada. Fuente: Inmobiliari S.A.C.

ANEXO 02

PLANOS



Vista en elevación del relleno fluido a vaciar. Fuente: Inmobiliari S.A.C.

ANEXO 03

PRESPUESTO GENERAL DE LA OBRA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	HTOTAL	SI. TOTAL
						HTOTAL	SI.
MOVIMIENTO DE TIERRAS					7,631,610.69		
1	EXCAVACION MASIVA, MEJORAMIENTO DE SUELO Y ESTABILIZACION DE TALUD						
1.01	OBRAS PROVISIONALES						
1.01.01	Trazo y replanteo	glb	1	30,234.28	30,234.28	1,323.64	18,231.85
1.01.02	Instalacion de planta dosificadora	glb	1	44,585.29	44,585.29	130.91	1,791.63
1.02	EXCAVACION MASIVA						
1.02.01	Excavación Masiva (incluye eliminación)	m3	128,950.69	15.98	2,060,632.03	5,635.15	72,212.39
1.02.02	Perfilado y Compactado de la sub rasante o terreno natural	m2	10,066.00	3.09	31,103.94	1,493.79	19,226.06
1.03	MEJORAMIENTO DE SUELO						
1.03.01	Mejoramiento de suelo con relleno fluido f'c=20 kg/cm2	m3	39,022.48	94.99	3,706,745.38	56,118.23	438,222.45
1.03.02	Encofrado de relleno fluido	m2	3,815.03	25.71	98,084.42	4,508.60	66,228.92
1.04	SO STENIMIENTO DE TALUD						
1.04.01	Anclajes para estabilizar talud	ml	2,733.00	447.98	1,224,329.34	99.48	2,077.08
1.04.02	Shotcrete=4" via humeda	m2	2,359.00	184.78	435,896.02	1,143.76	1,203.09

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

OBRAS PROVISIONALES					1,460,549.57		
2	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES						
2.01	OBRAS PRELIMINARES						
2.01.01	Movilización y Desmovilización de equipos y herramientas a obra	glb	1	35,037.31	35,037.31	23.64	327.49
2.01.02	Cerco perimétrico metálico h= 3.50, incluye refuerzos y puertas (Av. Nogales)	ml	221.24	366.79	81,148.62	804.5	11,807.58
2.01.03	Cerco provisional interno de madera para delimitación de obra	ml	150	109.27	16,390.50	272.73	5,710.50
2.02	OBRAS PROVISIONALES						
2.02.01	Oficinas p/obra tipo Container sobre estructura metálica: Supervisión, Residencia, O.T., Seguridad, Calidad, Administración, Sala de Reuniones.	m2	180	469.07	84,432.60	507.28	7,264.80
2.02.02	Estructura metálica para oficinas tipo Container, incluye escalera y baranda	kg	5,000.00	5.62	28,100.00	266.5	3,500.00
2.02.03	Almacén tipo Container + estructura liviana	m2	160	254.56	40,729.60	872.72	12,643.20
2.02.04	Comedor, vestuarios y SS.HH. de obra con estructura liviana	m2	180	222.27	40,008.60	1,472.74	21,339.00
2.02.05	Servicios higiénicos químicos de obra	mes	7	2,894.68	20,262.76	51.42	643.44
2.02.06	Red provisional de energía	mes	7	36,001.75	252,012.25	330.91	5,095.02
2.02.07	Tableros eléctricos provisionales x piso	glb	1	38,436.00	38,436.00	94.55	1,396.36
2.02.08	Red provisional de agua y desagüe	mes	7	4,392.77	30,749.39	157.82	2,190.86
2.02.09	Trazo y replanteo de obra	mes	7	5,278.44	36,949.08	1,170.91	16,051.63
2.02.10	Limpieza durante la obra	mes	7	1,848.97	12,942.79	717.82	8,965.81
2.02.11	Instalación de escaleras tipo acrow	und	2	25,622.27	51,244.54	90.18	1,185.28
2.02.12	Acarreo Interno de Materiales	mes	7	2,472.66	17,308.62	1,333.82	16,804.48
2.02.13	Transporte Vertical de Materiales	mes	7	70,362.09	492,534.63	12,828.07	211,798.65
2.02.14	Eliminación de excedentes y desechos de obra con cajas ecológicas	glb	1	48,110.91	48,110.91	8	105.63
2.02.15	Reparación de veredas y pistas	glb	1	25,156.86	25,156.86	7.27	152.29
2.03	SEGURIDAD Y CALIDAD DE OBRA						
2.03.01	Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente	glb	1	78,259.62	78,259.62	18.18	266.84
2.03.02	Calidad	glb	1	30,734.89	30,734.89	18.18	266.84

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

ESTRUCTURAS					7,526,279.09		
3	ESTRUCTURAS SOTANOS						
3.01	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE						
3.01.01	FALSAS ZAPATAS						
3.01.01.01	Concreto Ciclopeo 1:10 + 30% piedra grande - f _c =100 kg/cm ² - Falsas Zapata	m3	187.94	142.56	26,792.73	526.23	7,006.40
3.01.02	LOSA DE PISO						
3.01.02.01	Concreto f _c =210 kg/cm ²	m3	1,082.15	231.93	250,983.05	1,229.32	16,297.18
3.01.02.02	Encofrado de losa	m ²	1,337.85	22.99	30,757.17	1,459.46	22,208.31
3.01.02.03	Curado con agua para estructura	m ²	7,214.33	1.17	8,440.77	265.49	3,318.59
3.01.02.04	Junta de borde rellena con poliestireno expandido	m ¹	836.39	10.69	8,941.01	203.74	2,919.00
3.01.02.05	Junta de vaciado con masterfill 300MBT	m ¹	463.22	10.69	4,951.82	112.84	1,616.64
3.01.02.06	Junta de contracción(CORTE)	m ¹	5,281.29	5.3	27,990.84	966.48	14,417.92
03.01.03	ACABADO DE LOSA DE PISOS DE ESTACIONAMIENTO						
03.01.03.01	Acabado barrido de losa de pisos de estacionamiento	m ²	22,862.00	9.97	227,934.14	14,300.18	201,871.46
3.02	OBRAS DE CONCRETO ARMADO TOTAL						
03.02.01	ZAPATAS						
03.02.01.01	Concreto f _c =210 kg/cm ² en Zapatas	m3	399.22	232.28	92,730.82	459.9	6,144.00
03.02.01.02	Acero f _y = 4200 kg/cm ²	kg	10,276.21	3.06	31,445.20	491.2	7,193.35
03.02.01.03	Encofrado normal y desencofrado en Zapatas	m ²	727.46	25.32	18,419.29	948.54	13,712.62
03.02.01.04	Curado con agua para estructura	m ²	727.46	1.17	851.13	26.77	334.63
03.02.02	CIMIENTOS-DE MUROS						
03.02.02.01	Concreto f _c =210 kg/cm ² de cimientos muros	m3	546.99	231.93	126,863.39	621.38	8,237.67
03.02.02.02	Acero f _y = 4200 kg/cm ²	kg	12,316.05	3.06	37,687.11	588.71	8,621.24
03.02.02.03	Encofrado normal y desencofrado en cimientos	m ²	1,103.24	25.32	27,934.04	1,438.51	20,796.07
03.02.02.04	Curado con agua para estructura	m ²	577.24	1.17	675.37	21.24	265.53
03.02.03	ELEMENTOS VERTICALES						
03.02.03.01	MURO ARMADO						
03.02.03.01.01	Concreto f _c =210 kg/cm ²	m3	3,667.42	232.24	851,721.62	4,166.19	55,231.35
03.02.03.01.02	Encofrado y desencofrado de muro	m ²	18,753.83	26.17	490,787.73	24,453.12	353,509.70
03.02.03.01.03	Acero f _y = 4200 kg/cm ²	kg	254,524.05	3.06	778,843.59	12,166.25	178,166.84
03.02.03.01.04	Curador de concreto para estructura	m ²	15,593.83	1.17	18,244.78	573.85	7,173.16
03.02.03.02	COLUMNAS						
03.02.03.02.01	Concreto f _c = 210 Kg/cm ²	m3	261.48	232.24	60,726.12	297.04	3,937.89
03.02.03.02.02	Encofrado y desencofrado normal	m ²	2,963.44	29.53	87,510.38	4,508.28	65,225.31
03.02.03.02.03	Acero de Refuerzo f _y =4200 kg/cm ²	kg	36,830.15	3.06	112,700.26	1,760.48	25,781.11
03.02.03.02.04	Curado de estructura	m ²	2,963.44	1.17	3,467.22	109.05	1,363.18

Fuente: Inmobiliari S.A.C.

03.02.03.02.04	Curado de estructura	m2	2,963.44	1.17	3,467.22	109.05	1,363.18
03.02.04	ELEMENTOS HORIZONTALES						
03.02.04.01	VIGAS						
03.02.04.01.01	Concreto f'c=210 kg/cm2 en vigas.	m3	1,163.24	231.93	269,790.25	1,321.44	17,518.39
03.02.04.01.02	Encofrado normal y desencofrado en vigas	m2	8,152.60	31.62	257,785.21	13,530.05	195,662.40
03.02.04.01.03	Acero f'y= 4200 kg/cm2	kg	191,790.36	3.06	586,878.50	9,167.58	134,253.25
03.02.04.01.04	Curador de concreto para estructura	m2	8,152.60	1.17	9,538.54	300.02	3,750.20
03.02.04.02	LOSAS ALIGERADAS ALITEC						
03.02.04.02.01	Concreto f'c= 210 kg/cm2	m3	2,019.57	231.93	468,398.87	2,294.23	30,414.72
03.02.04.02.02	Encofrado y desencofrado normal	m2	25,244.60	13.84	349,385.26	21,945.13	317,324.62
03.02.04.02.03	Viguetas Alitec	m2	25,244.60	48.66	1,228,402.24	14,828.68	197,412.77
03.02.04.02.04	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	109,531.23	3.06	335,166.68	5,235.59	76,671.86
03.02.04.02.05	Curado de estructura	m2	25,244.60	1.17	29,536.18	929	11,612.52
03.02.04.03	LOSAS MACIZAS						
03.02.04.03.01	Concreto f'c= 210 kg/cm2	m3	863.82	231.93	200,345.77	981.3	13,009.13
03.02.04.03.02	Encofrado y desencofrado normal	m2	3,418.52	28.57	97,667.12	5,200.59	75,241.63
03.02.04.03.03	Acero de Refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	45,534.97	3.06	139,337.01	2,176.57	31,874.48
03.02.04.03.04	Curado de estructura	m2	2,698.52	1.17	3,157.27	99.31	1,241.32
03.02.04.04	ESCALERA						
03.02.04.04.01	Concreto f'c=210 kg/cm2 para escaleras	m3	43.2	231.93	10,019.38	49.08	650.59
03.02.04.04.02	Encofrado y desencofrado de escaleras	m2	234.36	22.98	5,385.69	295.41	4,340.35
03.02.04.04.03	Acero f'y= 4200 kg/cm2	kg	3,822.68	3.06	11,697.40	182.72	2,675.88
03.02.04.04.04	Curado de estructura	m2	234.36	1.17	274.2	8.62	107.81
03.02.05	CISTERNA						
03.02.05.01	CISTERNA DOMESTICA Y CONTRAINCENDIO						
03.02.05.01.01	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	926.5		0		
03.02.05.01.02	Encofrado y desencofrado de Cisterna	m2	3,720.28		0		
03.02.05.01.03	Acero f'y= 4200 kg/cm2	kg	60,703.57	3.06	185,752.92	2,901.63	42,492.50
03.02.05.01.04	Curador de concreto para estructura	m2	3,720.28	1.17	4,352.73	136.91	1,711.33
03.02.05.01.05	Water Stop 9"	ml	370.5	16.22	6,009.51	74.1	1,222.65
	TOTAL (S/.)				S/. 16,618,439.35	244,853.02	S/. 3,131,246.69
						HH	S/.

Fuente: Inmobiliari S.A.C.