

# OBRAS MIXTAS

## PROYECTO: TRATAMIENTO DE SUELOS REACTOR BIOLÓGICO

### PLANTA CONSTITUCIÓN – CELULOSA ARAUCO

## Descripción

El terremoto y posterior maremoto ocurrido en el sur de Chile el 27 de Febrero del 2010, provocó daños en la Planta de Tratamiento de Efluentes de Arauco en la localidad de Constitución. El sector está fundado en rellenos de arena ganados al mar. La **Piscina de Aireación** presentó daños parciales post sismo: asentamientos generales hasta 15cm excepto en sector nororiente de 37cm. Exploraciones geotécnicas post sismo dan cuenta de suelos granulares con potencial de licuación en toda el área. La licuación se produce en suelos granulares, especialmente tipo arena suelta sin cohesión, con bajo porcentaje de finos y con presencia de napa, que al experimentar vibraciones (sismo) o carga, produce un aumento en la presión de poros entre las partículas reordenando y provocando un cambio de volumen en la masa de suelo.



Imagen 1 – Foto aérea de la zona con problemas.

## Metodología

Nuestro objetivo era mitigar potenciales problemas por efecto de la licuación y en consecuencia se realizó un diseño de ingeniería, para reducir o controlar los asentamientos post-sismo del suelo. En este sentido se propuso crear una barrera perimetral alrededor de la Piscina de Aireación y fundaciones mediante pilotes para la construcción de un nuevo estanque. Esta barrera o muro perimetral se materializó por medio de un arreglo intercalado de pilotes de hormigón armado diámetro 1000mm secantes con columnas de Jet Grouting de diámetro 1200mm, generando una barrera rígida e impermeable. Los pilotes se conectaron en el coronamiento mediante una viga perimetral para formar un anillo alrededor del estanque, sin generar una vinculación estructural entre la barrera y la piscina. Lo anterior responde al grado de libertad que se le debe dejar al estanque en sentido vertical.

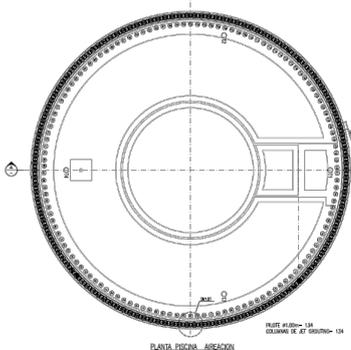


Figura 1 – Barrera perimetral del estanque ejecutada.

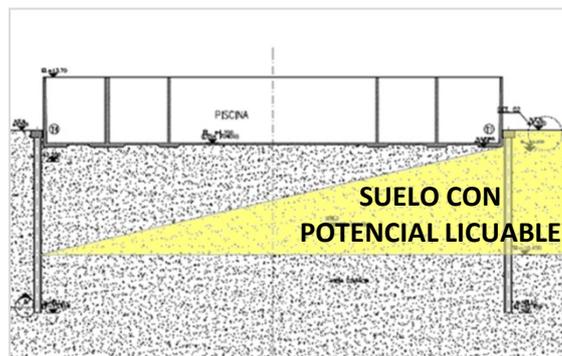


Figura 2 – Corte del Estanque y el problema de licuación.

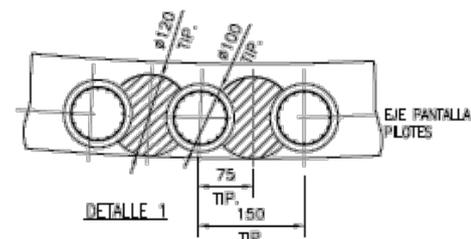
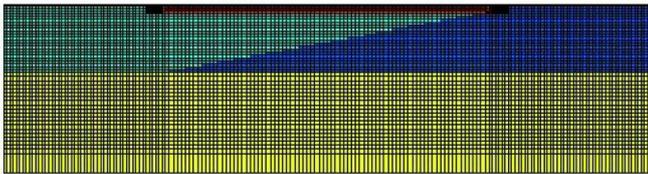


Figura 3 – Detalle de la Barrera Perimetral Ejecutada.

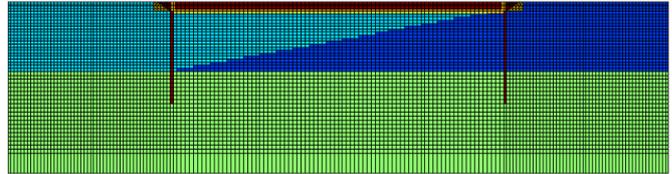
## Modelos

Se realizaron 2 modelos de elementos finitos en 2D:

1. Modelo del estanque lleno y el suelo modelado en su condición actual



2. Modelo del estanque lleno y el suelo modelado con las inclusiones rígidas (pilote de hormigón armado de 1000mm de diámetro y columnas de Jet Grouting)

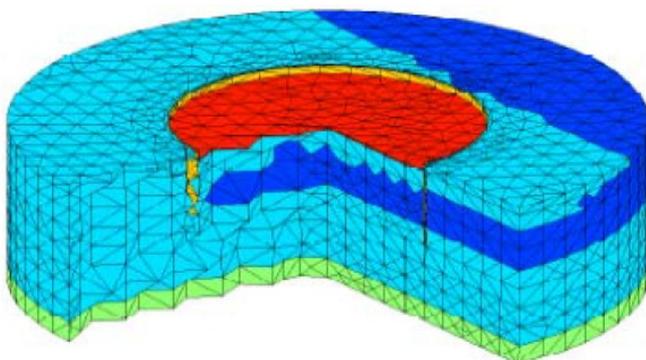


Se presenta la magnitud de los asentamientos posterior al sismo en los puntos de control anteriormente mostrados:

Punto	Zona	Asentamiento (mm) 200s SIN BARRERA	Asentamiento (mm) 200s CON BARRERA
E	Más alejada del clarificador	34	21
D	Antes del centro	54	66
A	Centro	67	75
B	Entre centro y clarificador	85	81
C	Más cerca de clarificador	473	79

Se aprecia que sin las barreras impermeables, los asentamientos diferenciales alcanzan hasta 40 cm entre punta y punta del estanque y que modela bastante bien lo ocurrido en la realidad. Ahora, con la pantalla de pilotes y jet grouting se cuantifica un asentamiento diferencial del orden de 6 cm. De acuerdo a la configuración de la losa del estanque (seccionada por paños) se estima que ésta podría absorber esta diferencia.

Los análisis 2D entregaron los lineamientos generales de diseño y fueron corroborados por el exhaustivo proceso de análisis en 3D de elementos finitos:



Asentamiento mm	Situación actual	Situación mitigada	
	Longitudinal	Longitudinal	Transversal
A	48	12	11
B	54	12	10
C	61	13	8
A2	48	11	12
A3	49	12	10

## Cancha de Prueba Jet Grouting

El **Jet Grouting** se puede aplicar a todo el rango de suelos, desde las gravas hasta las arcillas. En cada caso deben calibrarse los parámetros (velocidades de giro y extracción del varillaje, caudal de inyección, etc.), de acuerdo al tipo de terreno para obtener el diámetro de columnas deseado. Para ello, se realizan las denominadas “**canchas de prueba**” antes de cada proyecto que se realice en nuevas condiciones geotécnicas, a fin de calibrar los parámetros relevantes y medir los diámetros obtenidos y las propiedades de la masa de suelo cemento inyectada (resistencia, permeabilidad, etc.). Una vez establecidos los parámetros requeridos, se comenzó con la ejecución de la obra.



Imagen 2 – Campo de Prueba Excavado en Obra.

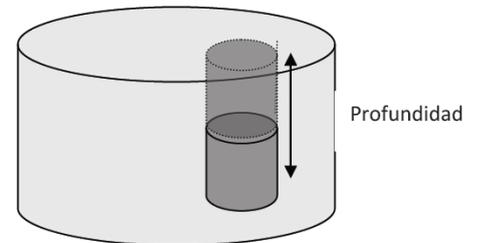


Imagen 3 - Extracción de Testigos de las Columnas para valorización de la resistencia.

SECCION	Columna			
	PA0355	PA0845	PA0650	PA0450
Profundidad	18 días	a 21 días	a 21 días	a 21 días
1m	143	116		48
2m	110	121	75	
3m	109			
RESIST MEDIA	121	119	75	48
Cemento (kg/m3 resultante)	228	239	191	168

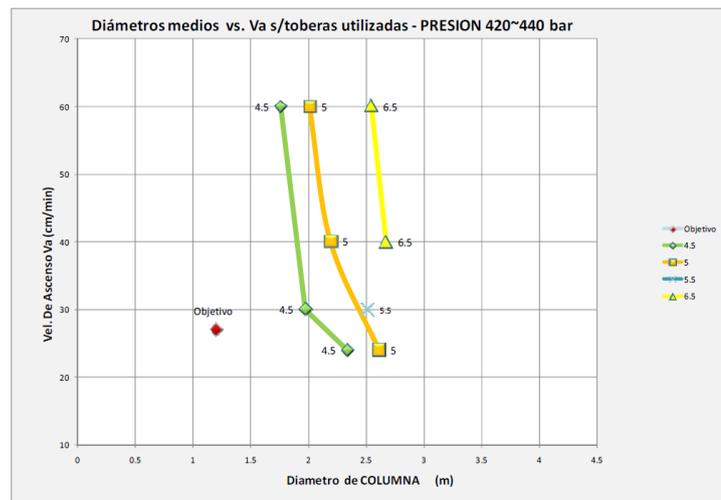
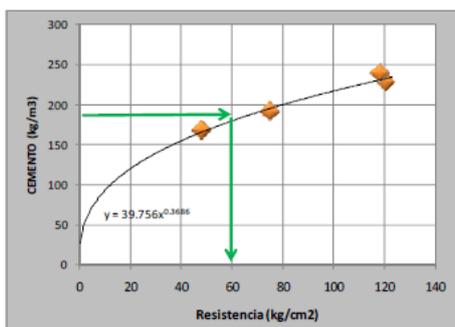


Figura 4 - Verificación de geometría y resistencias.

MIXTAS PROYECTO: TRATAMIENTO SUELOS REACTOR BIOLÓGICO PLANTA CONSTITUCIÓN – CELULOSA ARAUCO

## Resumen Obra

### Jet Grouting

- 2147 ml.
- Plazo de Ejecución: 13 Semanas.

### Pilotes Pre-Excavados Ø 1000 mm

- 5870 ml.
- Plazo de Ejecución: 15 Semanas.



Imagen 4 – Ejecución Pilotes para Nuevo Estanque.

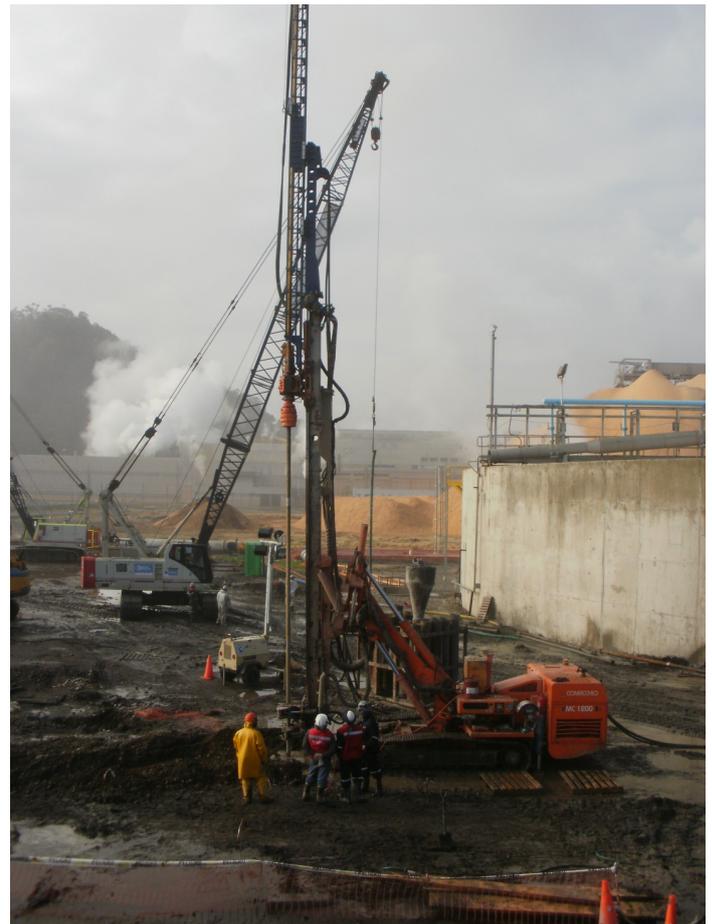


Imagen 5 – Equipo de Jet Grouting en Obra.



Imagen 6 – Ejecución de Barrera Perimetral



Imagen 7 – Pilotes Ejecutados para fundación de nuevo estanque.