Micropilotes como alternativa de fundación para puentes caso Pacifico 1

SEBASTIÁN MARTÍNEZ ARISTIZÁBAL

Ingeniero Civil

ING Julian Alonso Blair

Director de Puentes Gisaico SA

UNIVERSIDAD EIA
GISAICO SA
INFRAESTRUCTURA
ENVIGADO
2017

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me ayudaron a completar este reto, especialmente a mi novia, mi familia y la empresa Gisaico, que aportaron un apoyo incondicional en todo momento.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 9
1. CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES 10
1.1 Objetivos del proyecto 14
1.1.1 Objetivo General 14
1.1.2 Objetivos Específicos 14
1.2 Marco de referencia 15
2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA 19
2.1 Recolección de información 19
2.2 Procedimiento 21
2.2.1 Puente 1 derecho 21
2.2.2 Puente 2 izquierdo 29
2.2.3 Puente 3 izquierdo y Derecho 34
2.2.4 Puente 8 42
2.2.5 Puente 6 - Puente 5 Norte 48
2.3 Análisis Financiero 52
3. ANÁLISIS DE DATOS 64
4. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS 67
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 68
REFERENCIAS 70

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Lista de tablas

Tabla 1 Propiedades mecánicas de micropilotes TITAN……..…17

Tabla 2 Horizontes de meteorización proyecto……....22

Tabla 2 Formato parámetros recolección datos micropilote individual…….....23

Tabla 3 Información Perforaciones Puente 1 derecho…….....24

Tabla 4 Cantidades de obra iniciales Puente 1 derecho……....27

Tabla 5 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puente 1 derecho…….....29

Tabla 6 Información Perforaciones Puente 2 izquierdo……..……...31

Tabla 7 Cantidades de obra iniciales Puente 2 izquierdo……..33

Tabla 8 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puente 2 izquierdo..……34

Tabla 9 Información Perforaciones Puentes 3…….…36

Tabla 10 Cantidades de obra iniciales Puentes 3……..….37

Tabla 11 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puentes 3……...42

Tabla 12 Información Perforaciones Puente 8…….....43

Tabla 13 Cantidades de obra iniciales Puente 8……..47

Tabla 14 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puente 8……48

Tabla 15 Datos costo de perforadora……....53

Tabla 16 Costos de operación unitarios……....53

Tabla 17 Ejemplo Consolidado de información micropilotes……..54

Tabla 18 Inversiones (constantes para todos los análisis)……54

Tabla 19 Ejemplo proyección facturación……54

Tabla 20 Costos producción……...54

Tabla 21 Costos producción micropilotes……55

Tabla 22 Presupuesto administrativo constante……..55

Tabla 23 Depreciación y amortización…….....55

Tabla 24 Capital de trabajo……55

Tabla 25 Ejemplo estado de resultados……56

Tabla 26 Ejemplo flujo de efectivo……..56

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 27 VPN resultados……56

Tabla 28 Resumen pruebas de carga micropilotes……58

Tabla 29 Matriz de peligros……...60

Tabla 30 Matriz de impactos ambientales……62

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Montaje Prueba de Carga……18

Ilustración 2 Planta Perfil Puente 1 derecho……24

Ilustración 3 Planta Perfil Puente 2 izquierdo……..30

Ilustración 4 Planta Perfil Puentes 3……..35

Ilustración 5 Planta Perfil Puente 8……..43

Ilustración 6 Distribución normal para depósito de vertiente……..49

Ilustración 7 Parámetros distribución normal para depósito de vertiente……49

Ilustración 8 Distribución normal para horizonte V……..49

Ilustración 9 Parámetros distribución normal para Horizonte V……49

Ilustración 10 Distribución normal para horizonte IV……..…50

Ilustración 11 Parámetros distribución normal para Horizonte IV……..50

Ilustración 12 Distribución normal para horizonte III……....51

Ilustración 13 Parámetros distribución normal para Horizonte IV……..51

Ilustración 14 Distribución normal para horizonte II……52

Ilustración 15 Parámetros distribución normal para Horizonte II……..52

Ilustración 16 Programación ejemplo Puentes 3 micropilotes……..52

Ilustración 17 Programación ejemplo Puentes 3 pilas……52

Ilustración 18 Datos experimentales Barras TITAN……58

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

RESUMEN

La empresa Gisaico Sa decidió usar micropilotes de inyección Titan para acelerar el proceso de construcción de las fundaciones de los puentes de la autopista conexión Pacifico 1. La construcción de puentes en Colombia tradicionalmente ha utilizado Pilas o Caisson excavadas manualmente para este proceso. El procedimiento utilizado fue recopilar Los rendimientos de obra para comparar esta información con los diseños originales, y definir si la elección del cambio en el diseño fue acertada. Durante la construcción real se encontraron varios inconvenientes de aprobación de diseños que pararon el proceso en más de 1 ocasión y por grandes periodos de tiempo. Se desarrolló la recopilación teniendo en cuenta rendimientos, consumos y cantidades. Para el proceso de pilas se definieron rendimientos de excavación y se creó una programación de obra proyectada paralela a la real. Posteriormente según este avance se calcula proyección de facturación y costos de producción para poder realizar un análisis financiero de valor presente neto, también se compara otros factores como seguridad industrial, impactos al medio ambiente y calidad de producto terminado. Las conclusiones finales son entre otras que para que este proceso funcione mejor se debe hacer una inversión inicial en diseños y estudios de suelos mayor para no tener reprocesos y atrasos por este tema, el rendimiento y la rentabilidad depende mucho del tipo de suelo encontrado. A pesar de los problemas registrados se encontraron valores cercanos de VPN para los 2 procesos y resultados muy favorables en un puente.

Palabras clave: Rendimiento, valor presente neto, sistema integrado de calidad, pruebas de carga, puentes

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ABSTRACT

Gisaico SA is Company dedicated to the building of bridges in Colombia, in the year 2016 started the building of the bridges for the highway Pacifico 1. This Project consists in 34 bridges and the Company decided to change the foundation of the bridges from piles manually excavated (traditional method used in Colombia) to drilled TITAN micropiles in order to accelerate the process. This work intents to give Gisaico the enough information to check if this change was a good decision, using financial analysis for different time periods according to performance and quantities, and also it is looking to find other additional advantages of micropiles in matter of environment, industrial security and quality. Real advance was slowed down because the new designs couldn´t be approved as fast as possible, so the process was never as fast as it should be, but it was possible to make the analysis and conclude for some cases the benefits of the micropiles.

Keywords: Performance, Net present value, quality integrated system, Load test, bridges

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

INTRODUCCIÓN

Gisaico Sa es una empresa del sector construcción que actualmente es el contratista encargado de la construcción de los puentes de la autopista conexión Pacifico 1 unidad funcional 1, La obra crea un reto para la compañía por su valor, las condiciones recibidas en terreno y el plazo pactado para la entrega. En búsqueda de poder resolver los problemas se propuso cambiar las cimentaciones de pilas a micropilotes por rapidez de construcción, en el documento encontraran inicialmente una aproximación a los micropilotes y sus características mecánicas, después un análisis de las condiciones encontradas en los suelos para más adelante analizar la rentabilidad del cambio de diseño, Además para dar cumplimiento a los requisitos de Sistema de gestión de calidad Se evalúan los factores ambientales, seguridad industrial y calidad de obra.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1. CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

Gisaico SA es una empresa de infraestructura fundada en el año 1976, ofrece servicios en construcción y rehabilitación de puentes y vías, trabajos de estabilidad de taludes, explotación de canteras de materiales y urbanismo. La especialidad de la compañía está en la construcción de puentes logrando completar obras como el puente de la superior con balsos, múltiples puentes de la doble calzada Bogotá Villavicencio y el intercambio vial el bosque en Bucaramanga, para una experiencia de más de 30 km de puentes construidos. Actualmente se está trabajando en la construcción de los puentes de la doble calzada Amaga-Bolombolo para el consorcio Pacifico1 administrado por la concesión vial del pacifico Covipacifico.

El proyecto pacifico 1 consta de 32.2 km de vía en doble calzada con 33 puentes, separados en 7 pares de puente en voladizos sucesivos, 9 pares de puentes en viga-losa y un box coulvert de intercambio vial para disminuir la distancia entre Medellín y Cali (Infraestructura, 2014) con un plazo de ejecución de 36 meses . El tamaño y la cantidad de vehículos que transitarán sobre esta vía genera que la misma este sometida a cargas mayores a 2000 T (Ingeniería, 2017), por lo que es obligatorio el uso de cimentaciones profundas por la magnitud de las cargas. Los tipos de fundaciones profundas más comunes son pilotes hincados, pilas excavadas manualmente o micropilotes entre otras (Braja M.Das, 2002). Colombia tradicionalmente ha usado la excavación manual de pilas como la alternativa de fundación para grandes obras (SURA, n.d.).

La excavación manual de pilas es un proceso, donde las empresas usan personal mayormente afrodescendiente para excavar con pala y pica pilas donde deben bajar hasta encontrar un suelo competente donde se pueda fundar la estructura, si durante el proceso se encuentran rocas que puedan obstaculizar el avance están son removidas con el uso de explosivos, el material que sobra de la excavación debe ser dispuesto en llenos autorizados para este uso.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Los riesgos en seguridad asociados al proceso mencionado son altos con accidentes severos y lesiones graves ocasionadas por atrapamiento, golpe de personas o materiales, caídas a la excavación o deslizamiento de taludes, según estadísticas del dane está esta actividad se encuentra en un nivel de riesgo alto (4): "Producción especializada de caña de azúcar, aceite de palma, explotación de la madera, trabajos de pesca, elaboración de productos derivados del petróleo, fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares, fabricación de llantas y neumáticos de caucho, forja, prensado, estampado y laminado de metal; fabricación de hornos, hogares y quemadores industriales, fabricación de hilo y cables aislados, fabricación de lámparas eléctricas y equipo de iluminación, fabricación de aeronaves y de naves espaciales, fabricación de gas; construcción de edificaciones para uso residencial, construcción de obras de ingeniería civil, trabajos de acondicionamiento , alquiler de equipo para construcción y demolición dotado de operarios, transporte inter-municipal, internacional transporte marítimo internacional, transporte no regular por vía aérea, alquiler de equipo de transporte, actividades de agencias de noticia ya que pertenece a uno de los sectores con mayores tasas de accidentalidad según esta misma organización (Tovar, 2003) . Un estudio realizado en México identifica la excavación de pilas entre las cinco principales causas de accidentes mayores en las obras (Pedroza, 2003).

El medio ambiente también se ve afectado por este proceso ya que con el uso de explosivos y martillos demoledores genera emisiones contaminantes de gases y ruidos que afectan la flora y fauna existente en la zona, además se deben disponer de medidas para mover el material sobrante de la excavación.

Las pilas o caisson son diseñadas con formulaciones que tienen un nivel de incertidumbre muy altos, generalmente se usan 4 o 5 formulas empíricas para calcular la capacidad de carga, por lo que para asegurar la calidad del producto y poder garantizar la seguridad de los usuarios se usa un factor de seguridad de 3 (Braja M.Das, 2002) por lo que el gasto en materiales y trabajo es mucho mayor que el proyectado, con este tipo de cimentaciones es muy complicado realizar pruebas de carga para revisar y validar la capacidad de carga real contra la capacidad de diseño.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se mencionaron los anteriores problemas porque La construcción del siglo XXI busca solucionar problemas cotidianos cumpliendo todas las necesidades de tres importantes áreas, como son seguridad industrial, medio ambiente y calidad del producto terminado, anteriormente los ingenieros se dedicaban a completar obras pero detrás de estas se generaban muchos accidentes de trabajo y el impacto ambiental no era considerado. Gisaico tiene procesos certificados con el Icontec que cumplen todos los requisitos del SIG (sistema integrado de gestión) para el desarrollo de obras limpias y seguras, no solo es importante cumplir la legislación del país, sino que se busca cambiar los procesos que dificultan cumplir los requisitos SIG.

Debido a la complejidad de esta obra, el plazo tan reducido con el que se contrató (33 puentes durante 36 meses) y las experiencias previas se indican que es casi imposible cumplir con la entrega de los puentes con construcción tradicional por lo tanto se decidió proponer cambios en el diseño, pero las tecnologías que han llegado a nuestro país son consideradas costosas , la propuesta de la compañía para el proyecto Pacifico1 es hacer la mayor cantidad de cimentaciones de puentes con micropilotes TITAN autoperforados donde la barra hace parte del refuerzo y son inyectados con lechada, este sistema consiste en sustituir una pila de un diámetro grande por un grupo de micropilotes.

Este sistema se caracteriza por la facilidad de acceso de la maquina a lugares complicados, funciona con una perforadora llamada trackdrill con orugas y puede moverse en cualquier lugar con un carreteable, ofrece rendimientos mucho mejores que los otros sistemas antes mencionados, aunque su costo es mayor que la excavación tradicional.

A nivel de seguridad y salud en el trabajo los riesgos que se tienen son mínimos, si se hace un tratamiento adecuado de taludes (obligatorio en excavación manual) el mayor problema es el movimiento de la perforadora y el transporte e izaje de las barras al sitio de colocación ya que estas pesan 300 kilos cada una, y cada micropilote demanda entre 5 y 8 barras de 6 metros (Colombia, n.d.).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La gestión ambiental también consigue disminuir el impacto generado ya que el desafío aquí es definir un sistema de sedimentación y recirculación de agua adecuado para disminuir el gasto de este recurso, la perforación se hace directamente con agua o aire y los residuos o escombros que se generan son mucho menos que en pilas excavadas.

Los micropilotes permiten realizar una prueba de carga para control de calidad de los elementos instalados y disminuir la incertidumbre del proceso llevando un control de calidad más real sobre la capacidad de los elementos y con esto se pueden usar factores de seguridad menores en el diseño.

En resumen, existen muchos problemas asociados a la excavación manual de pilas en diferentes áreas, pero la razón fundamental que llevo a la propuesta de cambio del diseño es poder cumplir los plazos de ejecución del contrato, evitar multas y litigios legales posteriores. Este trabajo de grado busca aprovechar la información adquirida en este proyecto para dar a Gisaico SA herramientas para escoger este sistema en futuros proyectos. Se usan rendimientos y costos para comparar las 2 metodologías, no se hará diseño ya que este está a cargo de empresa Área ingenieros consultores.

Aunque no ha sido un sistema popular para construir en Colombia existen obras con este sistema como la tercera etapa del centro comercial Mayorca ubicado en Sabaneta donde se usaron micropilotes Titan y perforación con agua "A partir de Julio de 2012 a Febrero de 2013 se llevó a cabo la instalación de 365 ANCLAJES TITAN TIPO 73/35 y 69 ANCLAJES TITAN TIPO 103/78, para un total de 14.147 METROS LINEALES en sistemas de contención. Estos anclajes fueron sometidos a pruebas de carga por efecto de tracción hasta 200 toneladas. Adicionalmente se llevó a cabo la perforación e instalación de 1.496 Micropilotes TITAN tipo 73/53, entre el mes de Noviembre de 2012 a Marzo de 2014; para un total de 28.580 METROS LINEALES. Esta actividad comprendió un complejo sistema de fundaciones para toda la estructura del Centro Comercial" (Colombia, n.d.). En Manizales para el centro comercial zerresuela se usaron micropilotes de otra referencia y perforación con aire (Osercol, 2017).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Gisaico utilizo este sistema en la doble calzada Barbosa-Pradera para el cliente COCAN, cuando encontró unas condiciones reales de sitio donde era imposible excavar manualmente las pilas en algunos casos, se encontró que la mejor solución era fundir las pilas a la profundidad excavada y hacer los micropilotes desde la cota inicial y así se pudo resolver el problema específico de este caso, pero no se desarrolló información o una recopilación suficiente para demostrar la ventaja de este sistema sobre otros.

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1 Objetivo General

Comparar la metodología de excavación manual de pilas con la construcción de micropilotes autofundentes en los factores ambiental, calidad, seguridad industrial y costos..

1.1.2 Objetivos Específicos

- *Recopilar información del diseño de puentes con micropilotes perforados con agua y pilas en el proyecto Puentes Pacifico1*
- *Recopilar los diseños de pilas de los puentes del proyecto*
- *Definir Rendimientos de construcción de micropilotes con agua para maquinaria propia y subcontratada según avance de obra y para pilas con información encontrada en literatura y registros de obra.*
- *Identificar los impactos ambientales y riesgos de seguridad industrial para las 2 metodologías.*
- *Comparar la información obtenida en el numeral anterior*
- *Realizar un análisis financiero mes a mes en las 2 metodologías para el periodo Enero-Octubre y encontrar la más rentable.*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.2 MARCO DE REFERENCIA

Micropilotes con Barra Autoperforante:

"La perforación se realiza con la misma armadura estructural que formará parte del futuro micropilote ó anclaje. Son barras de acero y manguitos tipo TITAN. Estas barras de acero están disponibles en un amplio abanico de diámetros cubriendo las solicitaciones de prácticamente cualquier proyecto. Las barras de acero son huecas por dentro y se unen entre sí con manguitos de unión roscados de capacidad resistente superior a las barras que unen. En la cabeza de perforación va una trialeta de acero perdida, que varía según el tipo de terreno que se perfora. Durante todo el proceso de perforación se inyecta un caudal adecuado de agua-lechada de cemento, que sale por las toberas en la parte posterior de las trialetas en cabeza de perforación. La lechada de cemento se inyecta a presión y se hace más densa a medida que avanza la perforación, Todo el material granular removido durante la perforación y el adyacente se impregna de la lechada de cemento formando el micropilote en cuyo eje se encuentra la barra de acero estructural. Este tipo de micropilote es especialmente demandado en terreno granular. Permite unas producciones diarias muy altas ya que evita el uso de entubación recuperable, en terrenos colapsables. El tipo de unión especial roscado de estas barras y manguitos, hacen estas armaduras estructurales apropiadas tanto en esfuerzos a compresión como a tracción"(PILOTES Y OBRAS, 2015). Este sistema ofrece la ventaja de poder realizar en campo pruebas de carga para diseñar con valores reales de capacidad según las condiciones del campo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 31 Propiedades mecánicas de micropilotes TITAN

Tipo de barra	unidad	TITAN 30/16	TITAN 30/14	TITAN 30/11	TITAN 40/20	TITAN 40/16	TITAN 52/26	TITAN 73/56	TITAN 73/53	TITAN 73/45	TITAN 73/35	TITAN 103/78	TITAN 103/51	TITAN 127/103
Diámetro nominal exterior Ø	mm	30	30	30	40	40	52	73	73	73	73	103	103	127
Diámetro nominal interior Ø	mm	16	14	11	20	16	26	56	53	45	35	78	51	103
Sección de acero efectiva A_{ef}	mm²	340	375	415	730	900	1250	1360	1615	2239	2714	3140	5680	3475
Carga de rotura F_u	kN	245	275	320	540	660	925	1035	1160	1575	1865	2270	3660	2320[2)]
Carga en el límite elástico aparente F_y	kN	190	220	260	425	525	730	830	970	1270	1430	1800	2670	2030
Carga en el límite elástico $f_{0,2}$	N/mm²	560	585	625	590	590	585	610	590	560	530	565	470	585
Módulo de rigidez al axil E x A [1)]	10^3 kN	63	69	83	135	167	231	251	299	414	502	580	1022	640
Módulo de rigidez a la flexión E x I [1)]	10^6 kNmm²	3,7	3,8	5,2	15	17	42	125	143	178	185	564	794	1163
Peso	kg/m	2,7	2,87	3,29	5,6	7,17	9,87	10,75	14,1	17,8	21,2	25,3	44,6	28,9
Longitud de barras disponibles	m	3	3/4	2/3/4	3/4	2/3/4	3	6,25	3	3	3	3	3	3
Rosca	-	izqu.	izqu.	izqu.	izqu.	izqu.	izqu./ derecha	de-recha	de-recha	de-recha	de-recha	de-recha	de-recha	de-recha

Pruebas de carga

Según las especificaciones particulares de construcción definidas por Covipacifico

Se desarrolla aplicando cargas a compresión y tracción sobre un elemento hasta lograr la falla, para este proyecto específico se definió que se realizará una prueba por cada 25 micropilotes instalados (Conpacifico, 2014), se sigue la norma (Documents, Precautions, & Procedures, 1995) y según esta publicación el siguiente es el montaje necesario para la prueba:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

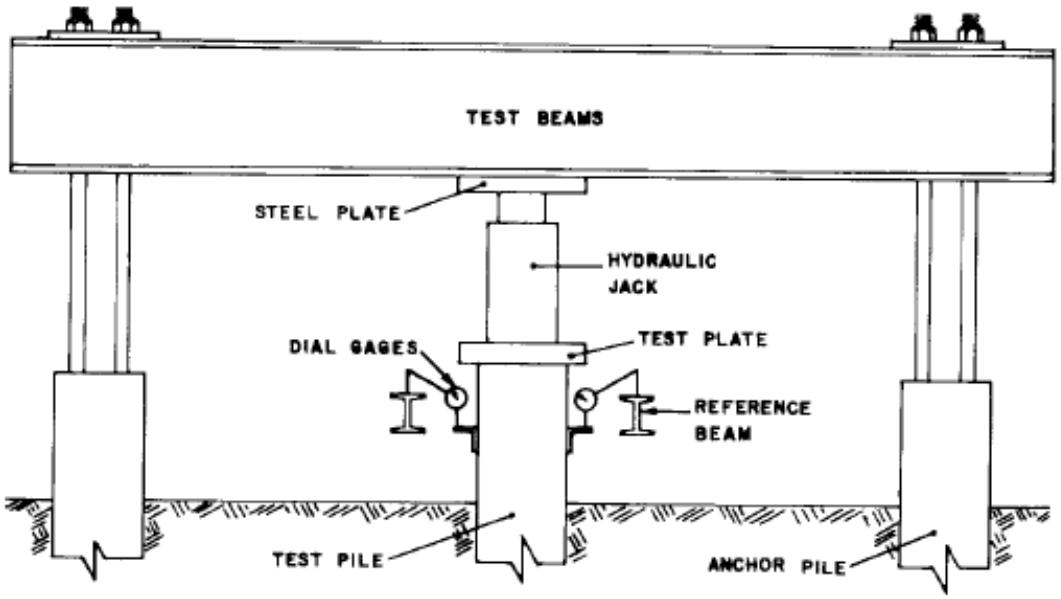


Ilustración 19 Montaje Prueba de Carga

Procedimiento de construcción de micropilotes

- *Perforación e inyección:*

La herramienta principal para llevar a cabo la perforación del Micropilote será Martillo de Cabeza. Se utilizará broca y barra auto-perforante como herramienta de perforación, armadura estructural del Micropilote y como medio para efectuar su debida inyección.

Se inicia la perforación con una barra de 3.0m (comúnmente), con la broca adecuada a las condiciones del terreno, en el extremo contra el terreno, Paulatinamente se irán uniendo las barras manualmente a través de uniones o acoples hasta alcanzar la longitud total de diseño. Se recomienda que la barra que se va a empalmar a la que ya está en el terreno, tenga instalada previamente la unión o mango de acople.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Durante la perforación es usual lavar a través del barreno con aire, agua o una lechada de mediana resistencia. Dicha lechada no podrá ser re-utilizada o re-circulada para la misma perforación y mucho menos para perforaciones siguientes.

5. Cuando la profundidad de diseño es alcanzada, una lechada con la resistencia de diseño se inyecta por el alma de la barra con el propósito de evacuar otros fluidos y partículas dentro del barreno, desplazando la anterior lechada y restos de la perforación. Con este llenado se conforma el bulbo del Micropilote o cuerpo monolítico de inyección alrededor del mismo. Para determinar que se ha terminado de llenar el Micropilote se realiza la inspección visual, validando que desde la superficie haya emergido lechada limpia.

6. Se debe tener la precaución, pasadas 24 horas después del llenado de cada Micropilote, de hacer una verificación de posibles asentamientos que haya sufrido su lechada. En dicho evento, se procederá a complementar su llenado por gravedad.

7. Se podrán ejecutar consecutivamente Micropilotes que se encuentren a una distancia no menor a 6 diámetros. Se define ejecutar un Micropilote de por medio dentro de los dados con diferente número de unidades.

8. Los ensayos a la lechada de inyección se realizarán conforme al F-EO-02 Plan de control e inspección del proyecto.(Gisaico SA, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA

2.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para el proyecto Pacifico UF1, según el plan de control e inspección de obra y los sistemas integrados de calidad, se debe seguir el formato FEO-05 para controlar las variables definidas. Para el objeto de este trabajo de grado de contempla recolectar información para los puentes que logren culminar las perforaciones hasta el día 15 de octubre de 2017, según programación se tendrá información para los siguientes puentes:

Puente 1 Derecho (Cimentación micropilotes completada)

Puente 2 Izquierdo (Cimentación micropilotes Completada)

Puente 3 Izquierdo (Cimentación micropilotes Completada)

Puente 3 Derecho (90 % avance Cimentación micropilotes)

Puente 5 Norte (Cimentación Pilas)

Puente 6 Izquierdo (Cimentación Pilas)

Puente 8 (95 % avance Cimentación micropilotes)

Cada puente es una obra independiente y será analizada como tal, inicialmente se calculan las cantidades de obra para los diseños iniciales entregados en el pliego de licitación y las nuevas cantidades por el cambio a micropilotes, siguiendo el plan de inspección se recopila toda la información de rendimientos de obra, se tiene en cuenta la construcción de la infraestructura del puente y se divide en ciclos mediante el uso de la herramienta Microsoft Project, finalmente con el uso de formulaciones financieras se define cual proceso es más rentable.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Definición de tipo de suelo

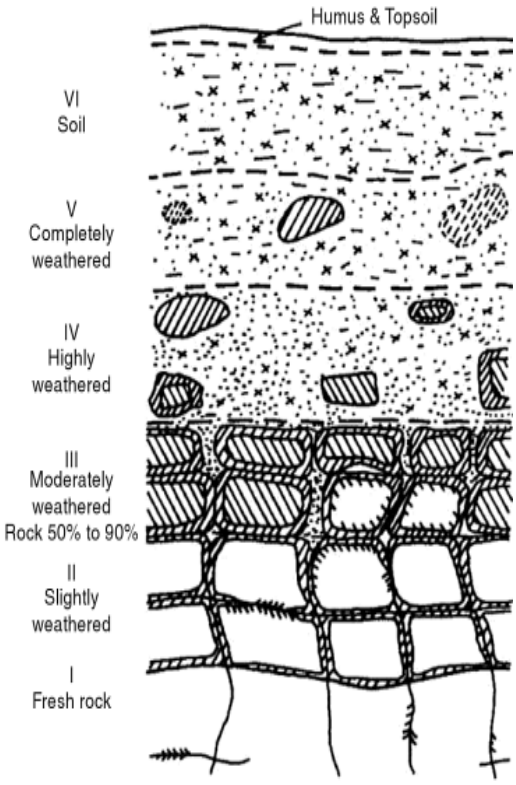
El proyecto de Concesión Vial Pacífico 1 contempla la construcción de un tramo de vía nueva en doble calzada y en el que se proyecta la construcción de diferentes obras de infraestructura, entre estas, pasos a desnivel o puentes, intercambiadores viales, estructuras de contención y Box Coulvert. Como requisito del diseño de este tipo de estructuras se realizó el estudio de suelos, que cubrió todos los trabajos de reconocimiento, prospección, estudios y análisis necesarios para el reconocimiento del terreno, conocer su geología local, estratigrafía, condiciones de estabilidad y su caracterización geotécnica, propendiendo el adecuado diseño de fundaciones, contenciones y demás obras de arte requeridas para el proyecto. Para poder comparar los rendimientos de construcción de los diferentes puentes con las pilas o pilotes excavados en puente 6 izquierdo y puente 5 norte se definieron los siguientes parámetros geotécnicos.

A partir de la interpretación de la información levantada en campo, exploración geotécnica, ensayos de laboratorio y campo se estimó un perfil estratigráfico de análisis conformado por zonas homogéneas.

Los perfiles estratigráficos definidos en sitio se realizaron a partir de la definición de horizontes de meteorización según la clasificación propuesta por la British Standard BS 5930 que define los horizontes según grado de meteorización de la roca y recobro de las perforaciones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 2 Horizontes de meteorización proyecto

	VI	IB	**Suelo Residual:** La estructura de la roca no se puede conocer, usualmente conformado por limos y arcillas
	V	IC	**Completamente Meteorizada:** Saprolito, suelo que conserva la textura de la roca original. Tiene hasta un 10% de bloques rocosos.
	IV	IIA-IC	**Altamente meteorizada:** Zona de transición suelo roca. Mezcla de matriz de suelo y bloques rocosos. Recuperación en perforaciones entre el 10 y 50%
	III	IIA	**Moderadamente Meteorizada:** Roca alterada, con suelo entre discontinuidades, colores originales alterados, ha perdido su resistencia original. En perforaciones presenta recuperaciones entre un 51 y un 80%
	II	IIB	**Poco Meteorizada:** Solo alterada en paredes de discontinuidades. En perforaciones presenta recuperación entre un 50 y 80%
	I	III	**Roca Fresca:** Sin ningún tipo de alteración

2.2 PROCEDIMIENTO

Se revisan las perforaciones del estudio de suelos

2.2.1 Puente 1 derecho

Puente viga losa con una longitud de 70 m que inicia en la abscisa Km 0 +106.527 y termina en la Km0 +172.014

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

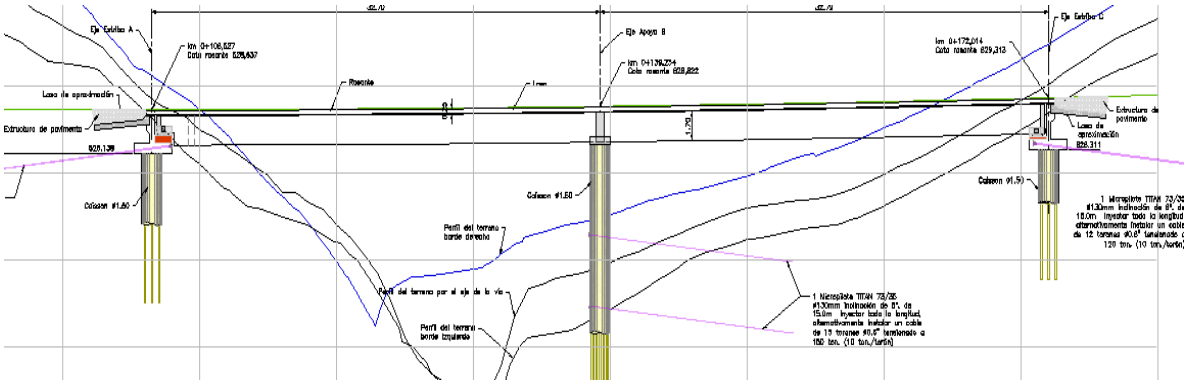


Ilustración 20 Planta Perfil Puente 1 derecho

De acuerdo a las perforaciones recibidas del estudio de suelos y aprovechando que los micropilotes entregan información del suelo según el retorno recibido y el tiempo de perforación por estrato se pueden definir los siguientes suelos para la zona de apoyos y estribos del puente.

Tabla 32 Formato parámetros recolección datos micropilote individual

N° Barras	Profundidad	Tiempo	Color retorno	Notación
1	1.5	0:32	Café claro	B-11
	3	0:46	Café claro	Cemento (Kg)
2	4.5	1:17	Café claro	1147.5
	6	1:47	Café claro	Sikament N-100 (Kg)
3	7.5	1:30	Café claro	21
	9	2:39	Café claro	Intraplast z (Kg)
4	10.5	4:10	Café claro	11.5
	12	3:15	Café claro	Fecha
5	13.5	2:42	Café claro	19/04/2017
	15	2:24	Café claro	Tiempo
6	16.5	4:12	Café claro	59
	18	4:21	Gris	
7	19.5	4:58	Gris	
	20.5	6:3	Gris	
8	22.5	6:15	Gris	
	24	5:9	Gris	
9	25.5	5:39	Gris	
	26	1:31	Gris	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 33 Información Perforaciones Puente 1 derecho

Apoyo A				
Profundidad	*Grado de meteorización*	*Descripción*	*Revisión micropilotes*	*Excavación*
0-4.45	*V*	*Suelo residual de tobas y aglomerados, conformado por un limo arcilloso a localmente arenoso, de color café oscuro. Se presenta una baja proporción de fragmentos. Se recupera con SPT.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*0*
4.45-12.50	*IV*	*Matriz limosa que soporta fragmentos rocosos de tobas y aglomerados; color café oscuro, rechazo en SPT y muy baja recuperación con la rotación. Los fragmentos no superan los 5 cm.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*7.12*
12.50	*III*	*Secuencia de tobas líticas soldadas con aglomerados volcánicos, muy*	*Se tiene retorno que confirma los*	*7.88*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		meteorizada e intensamente fracturada. Presenta suelo entre las discontinuidades de diferentes espesores. La roca es débil, con alta penetración de la oxidación y alteración.	*datos de la perforación*	
Apoyo B				
0-5	*V*	*Saprolito de aglomerado volcánico conformado por un suelo limoso con fracciones arenosas y con fragmentos rocosos angulosos muy alterados, en su mayoría menores de 5 cm. Material firme, de color café oscuro con matices amarillentos y gris*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*5*
5-12.5	*IV*	*Zona de transición suelo-roca conformada por arena limosa y fragmentos rocosos de hasta 4 cm de diámetro, color gris claro con matices amarillentos de formas angulosas.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*6.375*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

12.5-26	*III*	*Aglomerado muy meteorizado y altamente fracturado. Roca moderadamente dura, alterada en discontinuidades. El aglomerado tiene una matriz de grano medio, con líticos angulosos de rocas porfiríticas y basalticas soldados a la matiz y un poco menos alterada.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*8.62*
Apoyo C				
0-6.80	*V*	*Saprolito de aglomerado volcánico conformado por un suelo limoso con fracciones arenosas y con fragmentos rocosos angulosos muy alterados de hasta 10 cm de diámetro. Material suelto en las zonas arenosas y duro cuando contiene limos arcillosos, de color café oscuro con matices amarillentos y grises.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*6.80*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

6.80-21	*IV*	*Fragmentos rocosos de aglomerado volcánico intercalados con una matriz limo arenosa. Los fragmentos son moderadamente duros, en general menores a 10 cm, altamente oxidados, de color café. El suelo se encuentra lavado por la perforación, se recupera por lavado.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*8.2*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Las cantidades de obra iniciales del puente:

Tabla 34 Cantidades de obra iniciales Puente 1 derecho

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU01D- Diseño original		
Excavación Pilas D=2.00	*ml*	*100*
Concreto pilas 28 Mpa	*m3*	*314*
Acero de refuerzo pilas 420 Mpa	*kg*	*56685*
Concreto estribos 28 Mpa	*m3*	*100*
Acero de refuerzo Estribos 420 Mpa	*kg*	*11799*
Concreto Columnas 28 Mpa	*m3*	*50*
Acero de refuerzo Columnas 420 Mpa	*kg*	*7674*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según los planos de la propuesta de diseño a cambio a micropilotes se tiene lo siguiente:

Tabla 35 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puente 1 derecho

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU01D- Diseño Micropilotes		
Micropilotes Titan 103/51 perforación	*ml*	*669.4*
Micropilotes Titan 103/51 barra libre	*ml*	*14.5*
Excavación Pilas D=1.50	*ml*	*14.88*
Concreto pilas 28 Mpa	*m3*	*26*
Acero de refuerzo pilas 420 Mpa	*kg*	*4543*
Concreto estribos 28 Mpa	*m3*	*34*
Acero de refuerzo Estribos 420 Mpa	*kg*	*4804*
Concreto Columnas 28 Mpa	*m3*	*27*
Acero de refuerzo Columnas 420 Mpa	*kg*	*4188*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2.2 Puente 2 izquierdo

Puente viga losa con una longitud de 50 m que inicia en la abscisa Km 0 +500.62 y termina en la Km0 +550.62

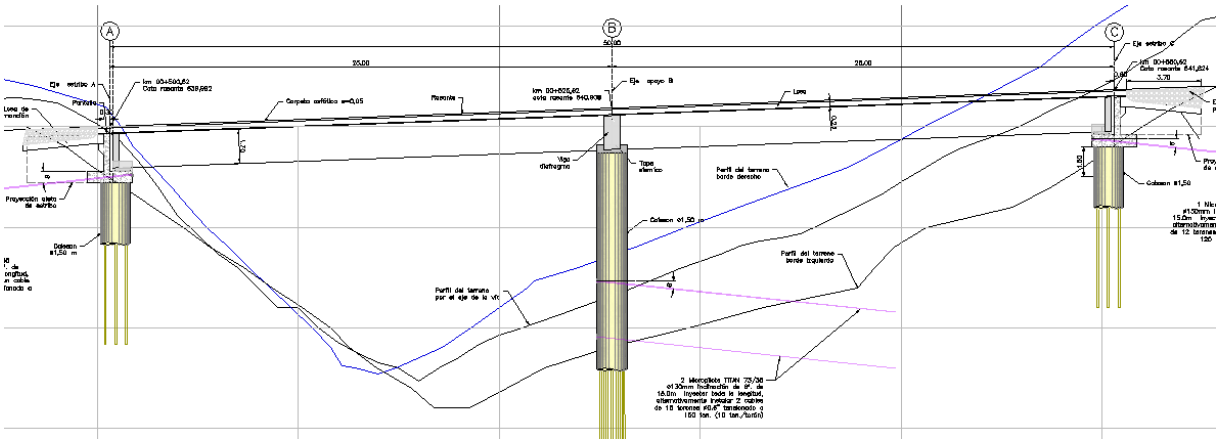


Ilustración 21 Planta Perfil Puente 2 izquierdo

De acuerdo a las perforaciones recibidas del estudio de suelos y aprovechando que los micropilotes entregan información del suelo según el retorno recibido y el tiempo de perforación por estrato se pueden definir los siguientes suelos para la zona de apoyos y estribos del puente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 36 Información Perforaciones Puente 2 izquierdo

Apoyo A				
Profundidad	*Grado de meteorización*	*Descripción*	*Revisión micropilotes*	*Excavación*
0-13.5	*V*	*Saprolito limoarenoso derivado de ignimbritas volcano sedimentarias, de consistencia firme al tacto, color café claro con tonalidades amarillentas y gris, contiene pequeños fragmentos angulosos menores de 2cm, algunas fracciones arcillosas; presenta humedad media y plasticidad media.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*13.5*
13.5+	*IV*	*Zona de transición suelo-roca con alto contenido de arenas y gravas de hasta 4 cm de diámetro, color gris claro con matices amarillentos de formas angulosas; provenientes de la descomposición de aglomerados. En las fracciones de roca de*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*1.5*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		reconocen la matriz y los líticos angulosos a subangulares de rocas porfiríticas y basalticas, completamente meteorizados		
Apoyo B				
0-3.1	*V*	*Saprolito limoarenoso derivado de ignimbritas volcano sedimentarias, de consistencia firme al tacto, color café claro con tonalidades amarillentas y gris, contiene pequeños fragmentos angulosos menores de 2cm, algunas fracciones arcillosas; presenta humedad media y plasticidad media.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*3.1-3.1*
3.1+	*IV*	*Zona de transición suelo-roca con alto contenido de arenas y gravas de hasta 4 cm de diámetro, color gris claro con matices amarillentos de formas angulosas; provenientes de la descomposición de*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*6.39-4.9*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		aglomerados. En las fracciones de roca de reconocen la matriz y los líticos angulosos a subangulares de rocas porfiríticas y basalticas, completamente meteorizados		

Las cantidades de obra iniciales del puente:

Tabla 37 Cantidades de obra iniciales Puente 2 izquierdo

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I –PU2I- Diseño Micropilotes		
Excavación Pilas D=2.00	*ml*	*64.98*
Concreto pilas 28 Mpa	*m3*	*204*
Acero de refuerzo pilas 420 Mpa	*kg*	*39140*
Concreto estribos 28 Mpa	*m3*	*86*
Acero de refuerzo Estribos 420 Mpa	*kg*	*12283*
Concreto Columnas 28 Mpa	*m3*	*57*
Acero de refuerzo Columnas 420 Mpa	*kg*	*10780*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según los planos de la propuesta de diseño a cambio a micropilotes se tiene lo siguiente:

Tabla 38 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puente 1 derecho

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU01D- Diseño original		
Micropilotes Titan 73/45 perforación	*ml*	*736*
Micropilotes Titan 73/45 barra libre	*ml*	*14.5*
Excavación Pilas D=1.50	*ml*	*18*
Concreto pilas 28 Mpa	*m3*	*32*
Acero de refuerzo pilas 420 Mpa	*kg*	*5283*
Concreto estribos 28 Mpa	*m3*	*34*
Acero de refuerzo Estribos 420 Mpa	*kg*	*4700*
Concreto Columnas 28 Mpa	*m3*	*31*
Acero de refuerzo Columnas 420 Mpa	*kg*	*4228*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2.3 Puente 3 izquierdo y Derecho

Par de puentes en voladizos sucesivos de 242 metros que inicia en la abscisa Km1 +404.65 y termina en la Km1 +644.75.

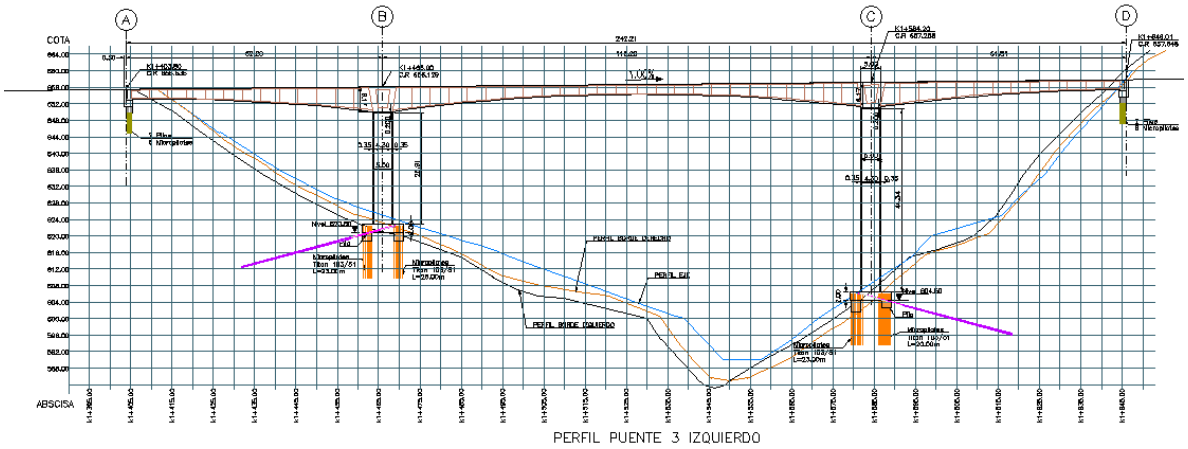


Ilustración 22 Planta Perfil Puentes 3

De acuerdo a las perforaciones recibidas del estudio de suelos y aprovechando que los micropilotes entregan información del suelo según el retorno recibido y el tiempo de perforación por estrato se pueden definir los siguientes suelos para la zona de apoyos y estribos del puente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 39 Información Perforaciones Puentes 3

Apoyo B				
Profundidad	*Grado de meteorización*	*Descripción*	*Revisión micropilotes*	*Excavación*
0-11	*Deposito*	*Depósito no consolidado clasto soportado conformado por 70% de matriz limo - arenosa fina y 30% de clastos de aglomerados volcánicos altamente meteorizados de formas subredondeadas lo que indica poco transporte; tamaños que varian entre gravas gruesas a muy gruesas; color gris claro con matices amarillentos; humedad baja; plasticidad nula, consistencia firme.*	*Se tiene retorno que indica este estrato continua hasta una profundidad de 16 m.*	*11*
11-19.5	*IV*	*Fragmentos rocosos alterados de aglomerado volcánico intercalados con arenas sueltas y limos arenosos. Color gris claro con matices amarillentos.*	*Se tiene retorno que estrato inicia en 16 m de profundidad*	*5*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		En la textura parental de los fragmentos rocosos se reconoce una matriz de grano medio con líticos angulosos a subangulares de rocas porfiríticas y basalticas. La matriz es firme y se lava con el proceso de perforación.		
19.5+	*III*	*Aglomerado volcánico muy meteorizado y altamente fracturado, moderadamente duro, poco oxidado. Abundantes fracturas mecánicas y escaso suelo entre discontinuidades. La textura de la roca evidencia una matriz de grano medio altamente cementada la cual contiene líticos embedidos de hasta 4 cm de diámetro con formas angulosas a subangulares de rocas de composición porfirítica y basaltica.*	*No se evidencia cambio de estrato para esta profundidad*	*9*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Apoyo C				
0-5	*V*	*Arena limosa y fragmentos rocosos por meteorización de aglomerado volcánico en su zona de transición suelo-roca. Los fragmentosse encuentran alterados, de hasta 4 cm de diámetro, color gris claro con matices amarillentos de formas angulosas. Material que se lava con la perforación con fluido y se recupera en ensayos SPT y perforado en seco. Consistencia firme, baja humedad*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*5*
5-20.5	*IV*	*Fragmentos alterados de aglomerado volcánico intercalados con limos arenosos, arenas y gravas, en conjunto correspondientes a la zona de transición de suelo a roca. Los fragmentos son en general menores de 10 cm. En la textura de los*	*Se tiene retorno que indica profundidad de estrato hasta 16 m*	*9*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		fragmentos se reconoce una matriz de grano medio que envuelve líticos angulosos a subangulares de rocas porfiríticas y basalticas. Presenta fuerte fracturamiento, generalmente planar con superficies rugosas, altamente alteradas rellenas por óxidos de hierro y arcillas. Localmente (12,5 m -13,85 m) se evidencia intrusiones de diques basicos color verde oscuro de textura porfirítica, matriz holocristalina muy fina y fenocristales de plagioclasa y anfiboles y venillas de carbonato de calcio.		
20.5+	*III*	*Aglomerados volcánicos moderadamente meteorizados y altamente fracturados. Roca dura, el fracturamiento generalmente planar con*	*Inicia en 16.5 m*	*11*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		superficies rugosas, moderadamente alteradas rellenas por óxidos de hierro y arcillas. La textura de la roca muestra una matriz de grano medio altamente cementada la cual contiene líticos embedidos de formas angulosas a subangulares de rocas porfiríticas y basalticas.		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Las cantidades de obra iniciales del puente:

Tabla 40 Cantidades de obra iniciales Puentes 3

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU03- Diseño original		
Ítem	*Unidad*	*Cantidad*
Excavación Pilas D=2.20	*ml*	*300*
Concreto para pilotes eje 2 28 Mpa	*m3*	*760*
Concreto para pilotes eje 3 28 Mpa	*m3*	*380*
Concreto Zapatas Eje 2 y 3 28 Mpa	*m3*	*812*
Acero para pilotes eje 3 420 Mpa	*Kg*	*50964*
Acero para pilotes eje 2 420 Mpa	*Kg*	*101928*
Acero Zapatas Eje 2 y 3 420 Mpa	*Kg*	*90249*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según los planos de la propuesta de diseño a cambio a micropilotes se tiene lo siguiente:

Tabla 41 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puentes 3

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU03- Diseño Micropilotes		
Ítem	*Unidad*	*Cantidad*
Micropilotes Titan 103/51 perforación	*ml*	*2700.5*
Micropilotes Titan 103/51 barra libre	*ml*	*159*
Micropilotes Titan 73/45 perforación	*ml*	*480*
Micropilotes Titan 73/45 barra libre	*ml*	*168*
Excavación Pilas D=2.30	*ml*	*42.2*
Concreto para pilotes eje 2 28 Mpa	*m3*	*107.6*
Concreto para pilotes eje 3 28 Mpa	*m3*	*67.7*
Concreto Zapatas Eje 2 y 3 49 Mpa	*m3*	*600*
Acero para pilotes eje 2 420 Mpa	*Kg*	*18025*
Acero para pilotes eje 3 420 Mpa	*Kg*	*13217*
Acero Zapatas Eje 2 y 3 420 Mpa	*Kg*	*62938*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2.4 Puente 8

Puente en voladizos sucesivos de 300 metros que inicia en la abscisa Km 6 +619 y termina en la Km 6 +899

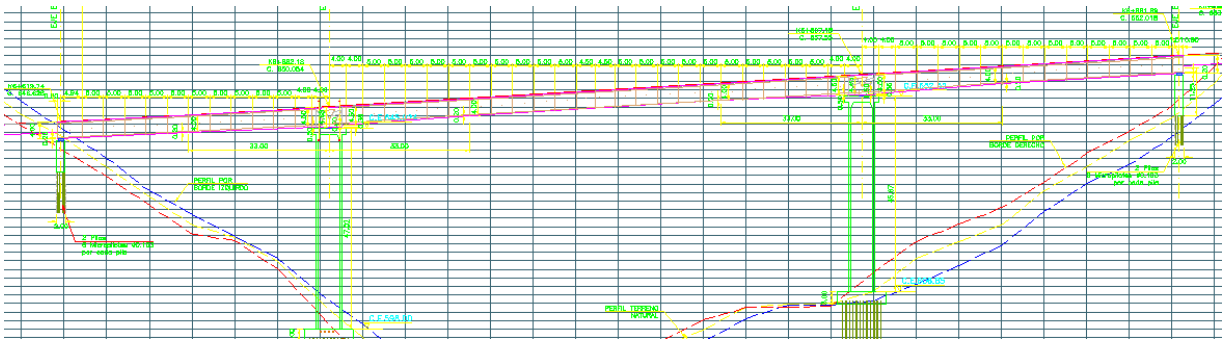


Ilustración 23 Planta Perfil Puente 8

De acuerdo a las perforaciones recibidas del estudio de suelos y aprovechando que los micropilotes entregan información del suelo según el retorno recibido y el tiempo de perforación por estrato se pueden definir los siguientes suelos para la zona de apoyos y estribos del puente.

Tabla 42 Información Perforaciones Puente 8

Apoyo B				
Profundidad	*Grado de meteorización*	*Descripción*	*Revisión micropilotes*	*Excavación*
0-6.50	*IV*	*Zona de transición suelo-roca, color café claro con matices amarillentos,*	*Se tiene retorno que confirma los*	*6.50*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		conformado por una matriz con textura de arena fina (30%); arena media (10%), con fracciones de limo (10%); y fragmentos de basaltos de tamaños muy gruesas ≤ 10 cm (50%), con formas angulosas a subangulares altamente meteorizados. Humedad media-baja, plasticidad media-baja.	*datos de la perforación*	
6.50-12	*III*	*Basaltos masivos, con textura afanítica con alto contenido de cuarzo en forma de venillas centimétricas, color original alterado, han perdido su resistencia original, duros al tacto; presentan fuerte fracturamiento predominando fracturas planas con superficies rugosas a suves, se evidencia óxidos de hierro en formas de patinas y relleno blando muy fino de*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*5.5*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		color gris verdoso en planos de discontinuidades..		
12+	*II*	*Basaltos masivos, con textura afanítica con alto contenido de cuarzo en forma de venillas centimétricas, color verde oscuro, duros al tacto; presentan fuerte fracturamiento predominando fracturas planas con superficies rugosas a suves, se evidencia óxidos de hierro en formas de patinas y relleno blando muy fino de color gris verdoso en planos de discontinuidades.*	*No se evidencia cambio de estrato para esta profundidad*	*3*
Apoyo C				
0-2.40		*Depósito de vertiente matriz soportado, no consolidado, color café oscuro con matices amarillentos, conformado por una matriz de arena*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*2.4-2.4*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

		media a gruesa (40%), con fracciones de limos (25%) y arcillas (5%); y gravas de basaltos de tamaño variables desde fino a grueso máximo 2 cm (30%), con formas subangulares a subredondeados moderadamente meteorizados. Humedad media, plasticidad baja.		
2.4+	*III*	*Basaltos con textura afanítica, moderadamente meteorizados, color gris oscuro, altamente fracturados, donde predominan las fracturas planas con superficie rugosa, están rellenas de pátinas de óxidos de hierro y venillas de cuarzo.*	*Se tiene retorno que confirma los datos de la perforación*	*20.6-14.6*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Las cantidades de obra iniciales del puente:

Tabla 43 Cantidades de obra iniciales Puente 8

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU08- Diseño original		
Item	*Unidad*	*Cantidad*
Excavación Pilas D=3.00	*ml*	*280*
Concreto para pilotes eje 2 y 3 28 Mpa	*m3*	*1979*
Concreto Zapatas Eje 2 y 3 28 Mpa	*m3*	*2926*
Acero para pilotes eje 2 y 3 420 Mpa	*Kg*	*416806*
Acero Zapatas Eje 2 y 3 420 Mpa	*Kg*	*259360*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según los planos de la propuesta de diseño a cambio a micropilotes se tiene lo siguiente:

Tabla 44 Cantidades de obra según propuesta de diseño Puente 8

CANTIDADES DE OBRA - PACIFICO I -PU08- Diseño Micropilotes		
Item	*Unidad*	*Cantidad*
Micropilotes Titan 103/51 perforación	*ml*	*2059*
Micropilotes Titan 103/51 barra libre	*ml*	*270*
Micropilotes Titan 73/45 perforación	*ml*	*320*
Micropilotes Titan 73/45 barra libre	*ml*	
Excavación Pilas D=1.50	*ml*	*47*
Concreto para pilotes 28 Mpa	*m3*	*139*
Concreto para pilotes eje 2 28 Mpa	*m3*	*760*
Concreto Zapatas Eje 2 y 3 28 Mpa	*m3*	*800*
Acero para pilotes eje 2 y 3 420 Mpa	*Kg*	*27850*
Acero Zapatas Eje 2 y 3 420 Mpa	*Kg*	*67248*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.2.5 Puente 6 - Puente 5 Norte

Los puentes 5 norte y 6 tienen diseños con pilas como cimentación, se documenta el avance según el horizonte de meteorización definido anteriormente para ajustar estos datos a una distribución normal mediante el software Easy-fit Entregando los siguientes datos

Depósito de vertiente

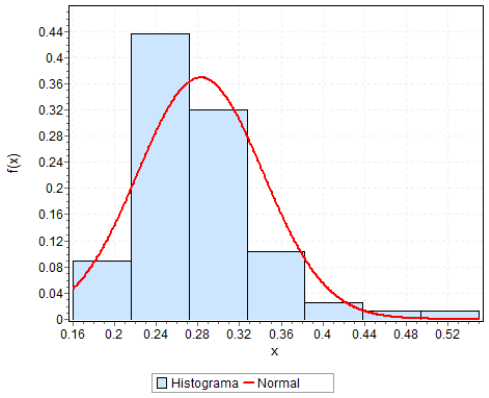


Ilustración 24 Distribución normal para depósito de vertiente

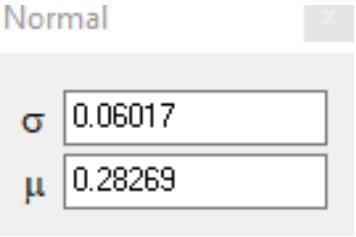


Ilustración 25 Parámetros distribución normal para depósito de vertiente

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

V

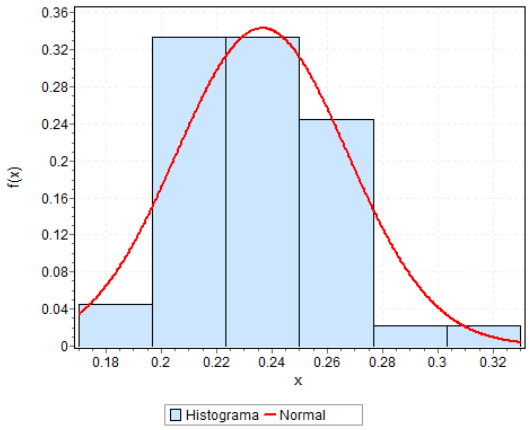


Ilustración 26 Distribución normal para horizonte V

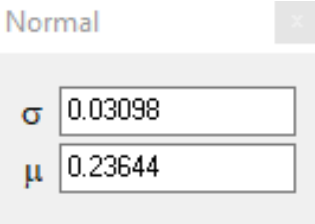


Ilustración 27 Parámetros distribución normal para Horizonte V

IV

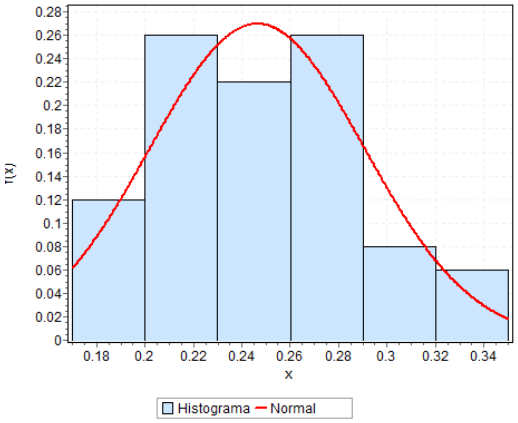


Ilustración 28 Distribución normal para horizonte IV

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

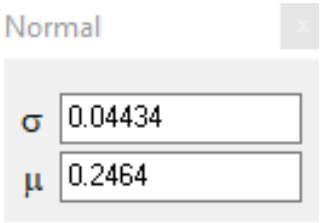


Ilustración 29 Parámetros distribución normal para Horizonte IV

III

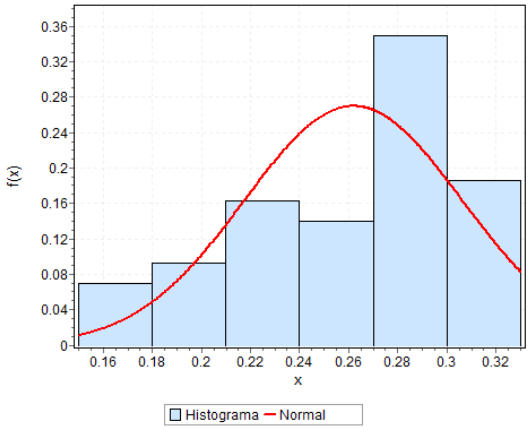


Ilustración 30 Distribución normal para horizonte III

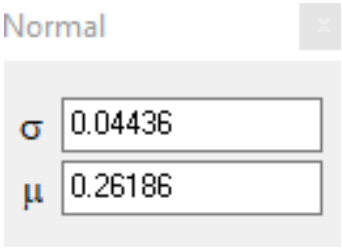


Ilustración 31 Parámetros distribución normal para Horizonte IV

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

II

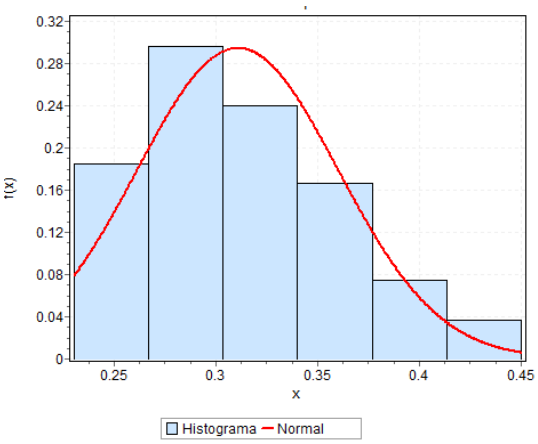


Ilustración 32 Distribución normal para horizonte II

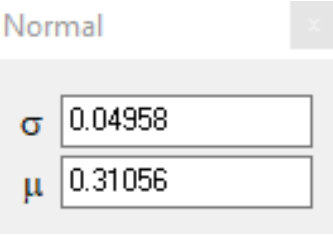


Ilustración 33 Parámetros distribución normal para Horizonte II

Posteriormente con la información de los sondeos de los puentes se generan números aleatorios según la distribución normal correspondientes para cada suelo, esta información se traduce en rendimientos de construcción y se define un programa de obra para cada puente según diseño.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.3 ANÁLISIS FINANCIERO

Preliminares	2 días	sáb 17/12/16	dom 18/12/1
Fundaciones Puente 3 Izquierdo	152 días	lun 19/12/16	vie 19/05/17
Micropilotes Apoyo C	134.78 días	lun 19/12/16	mar 2/05/17
Micropilotes Apoyo B	68 días	lun 13/03/17	vie 19/05/17
Fundaciones Puente 3 Derecho	129 días	mié 24/05/17	vie 29/09/17
Micropilotes Apoyo B	129 días	mié 24/05/17	vie 29/09/17

Ilustración 34 Programación ejemplo Puentes 3 micropilotes

Preliminares	2 días	sáb 17/12/16	dom 18/12/1
Fundaciones Puente 3 Izquierdo	158 días	jue 12/01/17	mié 14/06/17
Pilas Apoyo C	89 días	jue 12/01/17	sáb 8/04/17
Pilas Apoyo B	93 días	jue 16/03/17	mié 14/06/1
Fundaciones Puente 3 Derecho	87.67 días	jue 25/05/17	jue 17/08/17
Pilas Apoyo B	87.67 días	jue 25/05/17	jue 17/08/17

Ilustración 35 Programación ejemplo Puentes 3 pilas

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En este paso se usa la información, los rendimientos y la programación recibida para realizar un análisis financiero de las dos metodologías para así poder definir cuál fue más rentable para la empresa.

Para el puente 2 trabajo con una perforadora adquirida para el proyecto de referencia

Soilmec 350, Para la cual se define la tarifa hora presentada a continuación:

Tabla 45 Datos costo de perforadora

Costo de propiedad	
Anualidad	$ 166,480,363
N (# años)	10
S (salvamento regresion)	24%
i% (interes)	18%
TR% (Tasa de renta)	25%
d% (regresion)	10%

Tabla 46 Costos de operación unitarios

Costos de operación unitarios	
	($/h)
Operarios	$ 13,832
Combustible	$ 72,351
Lubricantes y aceites	$ 10,853
Filtros	$ 4,341
Propiedad	$ 103,155.74
Costo unitario	$ 204,533
Costo Metro	$ 27,271

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Las otras perforaciones fueron subcontratadas con la empresa Ischebeck Colombia.

A continuación se muestra análisis financiero ejemplo para Puente 8, y posteriormente se verá tabla resumen con indicador financiero valor presente neto.

Tabla 47 Ejemplo Consolidado de información miropilotes

Micropilote	Fecha	Barra perforada	Barra libre	tiempo	Cemento	Sikament N-100	Intraplast z
41	2/02/2017	15	1.5	81	637.5	11.5	6.38
42	3/02/2017	15	1.5	87	765	13.8	7.66
57	3/02/2017	15	1.5	184	892.5	16.1	8.94
40	4/02/2017	15	1.5	69	892.5	16.1	8.94
55	4/02/2017	15	1.5	143	892.5	16.1	8.94
58	6/02/2017	15	1.5	163	637.5	11.5	6.38
43	6/02/2017	15	1.5	82	892.5	16.1	8.94
56	7/02/2017	15	1.5	181	977.5	17.6	9.79

Se definen unos activos fijos iniciales constantes para todos los puentes y diseños, ya que este no depende enteramente del cambio en el proceso constructivo.

Tabla 48 Inversiones (constantes para todos los análisis)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
ACTIVOS FIJOS									
Instalaciones provisionales	-$500,000,000	-$500,000,000							
Maquinaria	-$ 75,000,000								
ACTIVOS DIFERIDOS									
Estudios técnicos y econom	-$ 70,000,000								
Costos y pruebas de puesta en marcha	-$ 50,000,000								
CAPITAL DE TRABAJO	-$ 9,733,504								
INVERSION	-$704,733,504	-$500,000,000							

Según los precios definidos en las actas de obra se hace una tabla de ventas o facturación según la programación definida anteriormente:

Tabla 49 Ejemplo proyección facturación

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Facturación	$ -	$ -	$ -	$853,498,640	$981,523,436	$578,628,566	$ -	$ -	$ -	$2,029,576,254	$ -

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se construye una tabla de presupuesto de producción para las variables definidas más importantes en cada proceso:

Tabla 50 Costos producción pilas

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
M DE O EXCAVACIÓN PILAS	$ -	$29,200,511	$30,103,384	$ 43,657,714	$ 13,026,234	$ -	$ -	$ 30,305,160	$29,573,422	$ 27,299,874
Concreto 28 Mpa Pilas				$165,929,889.30	$189,130,705.68	$429,655,624.86	$-	$ -	$ -	$709,240,146.30
Acero de refuerzo Pilas				$337,046,169.40	$383,883,170.72	$366,356,374.40	$-	$ -	$ -	$933,835,844.16
Costo total producción	$ -	$29,200,511	$30,103,384	$ 546,633,773	$ 586,040,110	$ 796,011,999	$ -	$ 30,305,160	$29,573,422	$ 1,670,375,864

Tabla 51 Costos producción micropilotes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
M DE O EXCAVACIÓN PILAS	$ -	$ -	$ -	$ 513,504	$ 14,815,856	$ 10,101,720	$ -	$ -	$ -	$ -
Concreto 28 Mpa Pilas	$ -	$ -	$ -	$ 4,507,119.15	$ -	$ 34,739,356.91	$ -	$ -	$ -	$ -
Concreto 49 Mpa Zapatas	$ -	$ -	$ -	$ 117,472,488	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 117,472,488
Acero de refuerzo Pilas	$ -	$ -	$ -	$ 94,990,489.92	$ -	$ 78,678,478.00	$ -	$ -	$ -	$ 94,990,489.92
Construcción de micropilotes Titan 103/51	$-	$345,478,351.21	$236,379,924.51	$ -	$ -	$ -	$52,179,353.08	$230,482,548.45	$223,542,676.31	$160,011,025.82
micropilotes Titan 103/51 Barra libre	$-	$ 24,367,500.0	$ 16,672,500.0	$ -	$ -	$ -	$ 2,954,025.0	$ 97,824,825.0	$ 15,894,450.0	$ 1,923,750.0
Construcción de micropilotes Titan 73/35	$ -			$ -	$ -	$ -	$ -	$ -		
micropilotes Titan 73/35 Barra libre	$ -			$ -	$ -	$ -	$ -	$ -		
Cemento estructural 42.5	$-	$ 9,594,186.00	$ 6,144,060.00	$ -	$ -	$ -	$ 1,417,860.00	$ 5,624,178.00	$ 5,151,558.00	$ 3,938,500.00
Sikament N100	$-	$ 2,092,252.50	$ 1,339,669.50	$ -	$ -	$ -	$ 309,016.50	$ 1,226,199.00	$ 1,122,147.00	$ 855,289.50
Intraplast Z	$-	$ 568,834.25	$ 364,282.20	$ -	$ -	$ -	$ 84,068.50	$ 333,442.45	$ 306,202.50	$ 232,582.20
Costo total producción	$ -	$ 382,101,124	$ 260,900,436	$ 217,483,601	$ 14,815,856	$ 123,519,555	$ 56,944,323	$ 335,491,193	$ 246,017,034	$ 379,424,125

Se define un presupuesto administrativo común para todos los análisis.

Tabla 52 Presupuesto administrativo constante

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
INFLACIÓN (INCREMENTO PRECIOS)	1.02%	1.01%	0.47%	0.47%	0.23%	0.11%	-0.05%	0.14%	0.04%	0.040%
SERVICIOS PUBLICOS	$ 1,200,000	$ 1,212,120	$ 1,217,817	$ 1,223,541	$ 1,226,355	$ 1,227,704	$ 1,227,090	$ 1,228,808	$ 1,229,299	$ 1,229,791
MANTENIMIENTO ANUAL	$ 5,000,000	$ 5,050,500	$ 5,074,237	$ 5,098,086	$ 5,109,812	$ 5,115,433	$ 5,112,875	$ 5,120,033	$ 5,122,081	$ 5,124,130
Personal administrativo	$ 22,500,000	$ 22,727,250	$22,834,068	$22,941,388	$22,994,153	$23,019,447	$23,007,937	$23,040,148	$23,049,364	$23,058,584
Total	$ 28,700,000	$ 28,989,870	$29,126,122	$29,263,015	$29,330,320	$29,362,583	$29,347,902	$29,388,989	$29,400,745	$29,412,505

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Según los datos anteriores se calcula depresión y amortización de bienes, además del capital de trabajo requerido

Tabla 53 Depreciación y amortización

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	
Instalaciones provisionales										
Valor en libros	$500,000,000	$991,666,667	$983,333,333	$975,000,000	$966,666,667	$958,333,333	$950,000,000	$941,666,667	$933,333,333	$925,000,000
Depreciación		$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333	$ 8,333,333
Depreciación acumulada		$ 8,333,333	$ 16,666,667	$ 25,000,000	$ 33,333,333	$ 41,666,667	$ 50,000,000	$ 58,333,333	$ 66,666,667	$ 75,000,000
Maquinaria										
Valor en libros	$ 75,000,000	$ 73,611,111	$ 72,222,222	$ 70,833,333	$ 69,444,444	$ 68,055,556	$ 66,666,667	$ 65,277,778	$ 63,888,889	$ 62,500,000
Depreciación		$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889	$ 1,388,889
Depreciación acumulada		$ 1,388,889	$ 2,777,778	$ 4,166,667	$ 5,555,556	$ 6,944,444	$ 8,333,333	$ 9,722,222	$ 11,111,111	$ 12,500,000
Activos diferidos										
Valor en libros	$120,000,000	$117,916,667	$115,833,333	$113,750,000	$111,666,667	$109,583,333	$107,500,000	$105,416,667	$103,333,333	$101,250,000
amortización		$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333
amortización acumulada		$ 2,083,333	$ 4,166,667	$ 6,250,000	$ 8,333,333	$ 10,416,667	$ 12,500,000	$ 14,583,333	$ 16,666,667	$ 18,750,000
		$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222	$ 9,722,222
		$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333	$ 2,083,333

Tabla 54 Capital de trabajo

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	
KTNO REQUERIDO	$ -	$127,367,041	$ 86,966,812	$171,992,143	$ 4,938,619	$154,591,020	$ 18,981,441	$111,830,398	$ 82,005,678	$221,465,198
Efectivo mínimo	$ -	$127,367,041	$ 86,966,812	$ 72,494,534	$ 4,938,619	$ 41,173,185	$ 18,981,441	$111,830,398	$ 82,005,678	$126,474,708
Inventario	$ -	$ -	$ -	$ 99,497,609	$ -	$113,417,835	$ -	$ -	$ -	$ 94,990,490
INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO										
Del Período (Inc. KTNO)	$127,367,041	-$ 40,400,229	$ 85,025,331	-$167,053,524	$149,652,401	-$135,609,579	$ 92,848,957	-$ 29,824,720	$139,459,520	-$221,465,198
Acumulada	$127,367,041	$ 86,966,812	$ 171,992,143	$ 4,938,619	$154,591,020	$ 18,981,441	$111,830,398	$ 82,005,678	$221,465,198	$ -

Finalmente se calculan Estado de resultados y flujos de caja respectivamente

Tabla 55 Ejemplo estado de resultados

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	
VENTAS	$ -	$981,523,436	$853,498,640	$578,628,566	$ -	$ -	$ -	$544,105,383	$362,736,922	$1,122,733,949
COSTOS PRODUCCION	$ -	-$382,101,124	-$260,900,436	-$217,483,601	-$ 14,815,856	-$123,519,555	-$ 56,944,323	-$335,491,193	-$246,017,034	-$ 379,424,125
UTILIDAD BRUTA	$ -	$599,422,312	$592,598,204	$361,144,965	-$ 14,815,856	-$123,519,555	-$ 56,944,323	$208,614,190	$116,719,888	$ 743,309,824
GASTOS ADMON Y VENTA	-$ 28,700,000	-$ 28,989,870	-$ 29,126,122	-$ 29,263,015	-$ 29,330,320	-$ 29,362,583	-$ 29,347,902	-$ 29,388,989	-$ 29,400,745	-$ 29,412,505
EBITDA	-$ 28,700,000	$570,432,442	$563,472,081	$331,881,950	-$ 44,146,176	-$152,882,138	-$ 86,292,225	$179,225,201	$ 87,319,143	$ 713,897,318
DEPRECIACION Y AMORTIZ	0	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556	-$ 11,805,556
EBIT	-$ 28,700,000	$558,626,886	$551,666,526	$320,076,394	-$ 55,951,732	-$164,687,694	-$ 98,097,781	$167,419,645	$ 75,513,588	$ 702,091,763
GASTOS FINANCIEROS										
OTROS INGRESOS										
OTROS EGRESOS										
UAI	-$ 28,700,000	$558,626,886	$551,666,526	$320,076,394	-$ 55,951,732	-$164,687,694	-$ 98,097,781	$167,419,645	$ 75,513,588	$ 702,091,763
IMPUESTO DE RENTA	$ -	$139,656,722	$137,916,631	$ 80,019,099	$ -	$ -	$ -	$ 41,854,911	$ 18,878,397	$ 175,522,941
UTILIDAD NETA	-$ 28,700,000	$698,283,608	$689,583,157	$400,095,493	-$ 55,951,732	-$164,687,694	-$ 98,097,781	$209,274,557	$ 94,391,985	$ 877,614,704

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 56 Ejemplo flujo de efectivo

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
UTILIDAD NETA	-$ 28,700,000	$ 698,283,608	$ 689,583,157	$ 400,095,493	-$ 55,951,732	-$ 164,687,694	-$ 98,097,781	$ 209,274,557	$ 94,391,985	$ 877,614,704
DEPRECIACION Y AMORT	$ -	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556	$ 11,805,556
INTERESES										
FLUJO DE CAJA BRUTO	-$ 28,700,000	$ 710,089,164	$ 701,388,713	$ 411,901,048	-$ 44,146,176	-$ 152,882,138	-$ 86,292,225	$ 221,080,112	$ 106,197,540	$ 889,420,259
REPOSICION ACTIVOS FIJOS										
INCREMENTO KTNO	-$ 127,367,041	$ 40,400,229	-$ 85,025,331	$ 167,053,524	-$ 149,652,401	$ 135,609,579	-$ 92,848,957	$ 29,824,720	-$ 139,459,520	$ 221,465,198
FLUJO DE CAJA LIBRE	-$ 156,067,041	$ 750,489,393	$ 616,363,382	$ 578,954,572	-$ 193,798,577	-$ 17,272,560	-$ 179,141,182	$ 250,904,832	-$ 33,261,980	$ 1,110,885,458
DESEMBOLSO DE CREDITOS										
SERVICIO DEUDA										
INVERSIONES	-$ 822,367,041	-$ 500,000,000								
RECUPERACION KTNO										
VALOR RESIDUAL										
= FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA	-$ 978,434,083	$ 250,489,393	$ 616,363,382	$ 578,954,572	-$ 193,798,577	-$ 17,272,560	-$ 179,141,182	$ 250,904,832	-$ 33,261,980	$ 1,110,885,458
DESEMBOLSO DE CREDITOS										
SERVICIO DEUDA										
EFECTO INTERES										
FLUJO DEL PROYECTO	-$ 978,434,083	$ 250,489,393	$ 616,363,382	$ 578,954,572	-$ 193,798,577	-$ 17,272,560	-$ 179,141,182	$ 250,904,832	-$ 33,261,980	$ 1,110,885,458

Según los flujos del proyecto para cada análisis se tiene lo siguiente el siguiente valor presente neto para un tasa de renta de 0%:

Tabla 57 VPN resultados

Diseño	VPN
Puente 1 Derecho Pilas	-$1,086,549,494
Puente 1 derecho Micropilotes	-$ 896,730,347
Puente 2 Izquierdo Pilas	-$ 685,268,641
Puente 2 Izquierdo Micropilotes	-$ 691,004,609
Puentes 3 Pilas	-$ 304,274,762
Puentes 3 Micropilotes	-$1,424,773,913
Puente 8 Pilas	-$ 497,824,345
Puente 8 Micropilotes	$1,405,689,255

Para cumplir con los requisitos de calidad se realiza una prueba de carga para poder redefinir el diseño y disminuir los factores de seguridad usados, teniendo la información real de resistencia:

La prueba de carga realizada con medios hidráulicos, analógicos y electrónicos es un proceso ágil y completo por la información que suministra para las fases de diseño y ejecución. Los ensayos de carga son una herramienta muy valiosa para la determinación del

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

comportamiento bajo carga de servicio de fundaciones profundas. Básicamente consisten en la aplicación de una carga y el estudio de las deformaciones provocadas por dicha carga en la estructura estudiada. En el caso de los Micropilotes, se recurre a los ensayos de carga para determinar el asentamiento del Micropilote bajo la carga de servicio, o bien para determinar la carga de rotura del mismo. Generalmente son realizados antes de la ejecución del pilotaje, para "ajustar" el diseño fundaciones o re potenciamiento según sea el caso, o luego de la ejecución del pilotaje, como un control de recepción.

El ensayo de carga más utilizado en pilotes, es aquel en el que se aplica una carga vertical de compresión en la cabeza del pilote y se registran sus desplazamientos, siguiéndose algún procedimiento de ejecución determinado generalmente por una norma.

La gráfica siguiente presenta una evaluación estadística de 136 ensayos (Hermann, 2008); que representa el deformación (desplazamiento) en cabeza de Micropilotes TITAN, en suelos arenosos y gravosos, en estratos competentes a diferentes profundidades y la deformación Δ se representa en función de la carga aplicada en cada uno de los casos. Basados en el 90% de los casos obtenidos en la evaluación, puede inferirse el comportamiento de los Micropilotes TITAN, sometidos a cargas por efecto de tracción y compresión y que puede ser usada como punto de partida para evaluar el comportamiento de los ensayos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

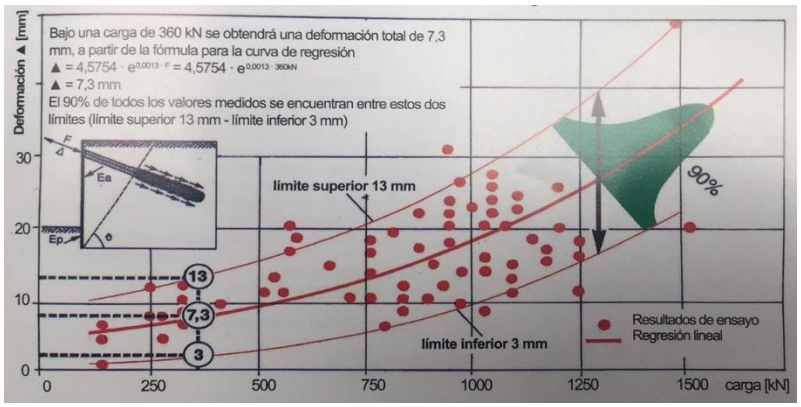


Ilustración 36 Datos experimentales Barras TITAN

Tabla 58 Resumen pruebas de carga micropilotes

Elemento	*Tipo Barra*	*Fecha*	*Carga (T)*	*Deformación (mm)*	*Consecuencia*
P1A	*73/53*	*4/08/2017*	*200*	*13.89*	*Cumplió requerimiento*
P1B	*73/53*	*17/04/2017*	*410*	*22.38*	*Se llevó el micropilote a la rotura, se concluye importancia de pilas de confinamiento para grupos de micropilote*
P1C	*73/53*	*11/04/2017*	*450*	*7.23*	*Cumplió requerimiento*
P1C (II)	*73/53*	*30/06/2017*	*400*	*16.06*	*Cumplió requerimiento*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

P2A	*103/51*	*4/06/2017*	*150*	*12.03*	*Se definen cambio en diseño de 3 a 4 barras por pila en apoyo*
P2B	*103/51*	*5/07/2017*	*200*	*10.13*	*Cumplió requerimiento*
P2C	*103/51*	*4/06/2017*	*200*	*14.41*	*Cumplió requerimiento*
P3C	*103/51*	*30/01/2017*	*350*	*13.32*	*Cumplió requerimiento*
P3B	*103/51*	*14/06/2017*	*400*	*17.48*	*Cumplió requerimiento*
P8 C	*103/51*	*20/02/2017*	*400*	*16.45*	*Cumplió requerimiento*
P8B	*103/51*	*28/08/2017*	*350*	*18.14*	*Cumplió requerimiento*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Matriz de peligros

Se completa según formato MT-S-02 Versión 2

Tabla 59 Matriz de peligros

3. ACTIVIDAD	4. TIPO DE		5. GRUPO DE PELIGRO O FACTOR DE RIESGO	6. PELIGRO O FACTOR DE RIESGO	7. FUENTE GENERADORA		8. EFECTOS O CONSECUENCIAS	9.Nivel de riesgo
	4.1. Rutinaria	4.2. No Rutinaria			7.1. Condiciones subestándar	7.2. Comportamientos subestándar		
Excavacion de Caisson	X		Mecánico	Proyeccion de particulas	Proyeccion de material en el momento de realizar demolicion	No uso y uso inadecuado de epp	Golpes, heridas, quemaduras	Bajo
Excavacion de Caisson	X		Mecánico	Caida a diferente	Caida de personas en alturas y/o	No utlizar el epp adecuado para la	caidas , golpes y	Alto
Excavacion de Caisson	X		Mecánico	Golpeado por o contra objetos	Espacio reducidos	, No utilizar EPP adecuados, falta de inspeccion	Fracturas, Golpes, Heridas, Luxaciones, Lesiones	Alto
Excavacion de Caisson	X		Físico	Ruido	Exposicion continua a fuente	el no uso de epp (proteccion	perdida de capacidad	Alto
Excavacion de Caisson	X		Químico	Inhalacion de polvos	Exposicion continua a polvo generado por	No usar protecion respiratoria	Afeciones respiratorias, silicosis	Alto
Excavacion de Caisson	X		Físico	Vibraciones	Vibración al momento del descapote	No acatar las recomendaciones de rotación de trabajos y períodos de descanso No realizar pausas activas durante la	Afectación osteo articular . Afectación sistema nervioso central	Medio

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. ACTIVIDAD	4. TIPO DE		5. GRUPO DE PELIGRO O FACTOR DE RIESGO	6. PELIGRO O FACTOR DE RIESGO	7. FUENTE GENERADORA		8. EFECTOS O CONSECUENCIAS	9.Nivel de riesgo
	4.1. Rutinaria	4.2. No Rutinaria			7.1. Condiciones subestándar	7.2. Comportamientos subestándar		
Excavacion de Caisson	X		Físico	Radiación no ionizante	Exposicion a rayos uv	No uso de elementos de proteccion solar (chavo, gafas)	Quemaduras de sol, cancer de piel	Alto
Excavacion de Caisson	X		Ergonómico	Movimientos repetitivos	Levantamiento de cargas inadecuadas	as al momento de est	dolor e hinchazón en los músculos lesionados o	Alto
Excavacion de Caisson	X		Ergonómico	Posicion bipeda prolongada	Trabajos por tiempos prolongados	o realizar pausas activ	Lumbagos, desgarros musculares	Alto
Excavacion de Caisson	X		Fisicoquímic	Explosiones	Acumulacion de gases	izar mediciones afmos	Intoxicaciones, muerte	Alto

Indicadores:

Número de accidentes laborales por micropilotes: 0

Número de accidentes laborales por excavación de pilas: 2

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Matriz de impactos ambientales

Tabla 60 Matriz de impactos ambientales

ACTIVIDAD	PROCESO CONSTRUCTIVO ASOCIADO	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	RECURSO NATURAL	Significancia
Excavaciones	Micropilotes, Pilas	Generación de material de demolición.	Contaminación del suelo y el aire.	Suelo	Alta
Demoliciones	Pilotes, Pias	Generación de material de demolición.	Contaminacion del suelo y el aire. Agotamiento de la vida util del relleno sanitario Agotamiento de la vida util de las escombreras	Suelo	Alta
Manejo de aguas subterráneas	Pilotes Pilas			Agua	Alta

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. ANÁLISIS DE DATOS

- *Aunque en el desarrollo de la obra han existido muchos inconvenientes en materia de aprobación de diseños por parte de interventoría, en algunos casos el proceso de micropilotaje fue parado por periodos prolongados de tiempo, el análisis financieros no arrojo muchas diferencias en el valor neto presente de los procesos indicando mejores resultados financieros, e incluso para el puente 8 arrojo resultados muy favorables con respecto al proceso de pilas, dando claridad al hecho que el cambio de diseño llevo a un original de 2 puentes a convertirse en un solo puente que abarcará las dos calzadas de vía.*

- *Se evidencia que el éxito de este proceso de pende en gran parte a las características del suelo y capacidad portante de este para trabajar el micropilote por fuste, las cantidades de obra del puente 8 disminuyeron gracias a que las perforaciones de hicieron de 15 m mientras el diseño original contemplaba bajar las pilas hasta 23 m, es importante hacer una inversión importante en el estudio de suelos para trabajar con los datos más reales posibles.*

- *Otro ejemplo evidente del numeral anterior se evidencia en los puentes 1 y 2, las pruebas de carga mostraron que barras con menor especificación fueron llevadas a 400 T en puente 1 y para puente 2 solo se pudo llegar a 200 T obligando a usar un micropilote adicional en cada pila de confinamiento, como también el uso de mayores especificaciones en puente 2.*

- *En materia de seguridad industrial el proceso de micropilotes tiene muchas ventajas con respecto al otro, aunque esta obra no reflejo una diferencia significativa en términos de accidentes laborales, la matriz de peligros identifica que los riesgos de excavación pueden llegar a ser mortales, mientras los micropilotes son muy seguros.*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- *En la parte ambiental se evidencia que el tratamiento es muy parecido para los dos procesos, obligatoriamente se debe tener un control y manejo de aguas, disposición de material de excavación.*

- *El micropilotaje permite desde la primera perforación validar los datos recibidos por parte de las perforaciones del estudio de suelos, ya que nos puede mostrar los cambios de estrato en el perfil, la aparición de rocas y el color del material sobre el que se está trabajando.*

- *Revisando el archivo de No conformidades del cliente se evidencia menor cantidad por proceso de micropilotes.*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Factores Micropilotes	*Factores Pilas*
Derrames de material de sedimentación en fuentes hídricas	*Control de emisiones de gases*
Control de ruido de maquinaria	*Recirculación de agua subterránea*
Control de calidad inyección	*Andamios*
	Voladuras
	Control de ruido de maquinaria
	Control de calidad de anillos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS

PRODUCTO ESPERADO	*INDICADOR DE CUMPLIMIENTO*	*OBSERVACIONES (indique si se logró o no su cumplimiento y por qué)*	*ENTREGABLE*
Mejores resultados en análisis financiero para varios periodos en el tiempo	*VPN menor para proceso de micropilotes*	*No se logró el cumplimiento en todos los casos, debido a que el avance de obra fue suspendido en varias oportunidades.*	*Análisis financiero explicado anteriormente*
Disminución en los accidentes laborales para cimentación	*0 accidentes fatales y menor proporción de accidentes leves*	*Se cumple, proceso de micropilotes es bastante seguro.*	
Mejora en control de calidad de producto	*Pruebas de carga para diseño con datos experimentales conseguidos en campo*	*Se modificaron diseños de los puentes que no cumplían la carga ultima requerida*	*Lista de pruebas de carga y deformaciones*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- *El rendimiento de este proceso depende mucho de los parámetros de suelo encontrados realmente en sitio, y los resultados de las pruebas de carga, como se puede apreciar en puente 8 el cambio llevo a unas cantidades de obra mucho menores a los iniciales y unos rendimientos apropiados, por eso se recomienda antes de tomar la decisión de usar micropilotes hacer un estudio de suelos bien hecho que defina claramente los estratos y la capacidad portante de este para la toma de la decisión.*

- *Se refuerza lo anterior con la información de puente 1 y 2 donde se ve claramente que a pesar de puente 2 ser un puente más pequeño y tener diseños con pilas de cantidades aproximadamente parecidas, para los micropilotes el gasto fue mayor pasando a mayores profundidades de empotramiento, más cantidad de micropilotes y mejores especificaciones de la barra.*

- *Aunque el proceso de micropilotes es mucho más costoso que la excavación manual, se evidenció que por tiempos de construcción puede ser más rentable, para este caso a pesar de los tiempos muertos en los frentes por falta de aprobación de diseños se obtuvieron valores de VPN cercanos y en 2 casos (puente 8 y puente 1), los resultados fueron favorables.*

- *Puente 3 tuvo los resultados negativos para este estudio, esto se puede explicar porque este funcionó como prueba piloto ya que fue el primer ensayo de micropilotes,*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

debido a esto por la falta de experiencia en este tema se llevó a reprocesos bastante importantes en el desarrollo, así como retrasos que afectaron el análisis.

- *Se analizó el costo de construcción de micropilotes con maquinaria propia, llevando a la conclusión que la perforadora no es el factor determinante del precio, este se ve afectado principalmente por el suministro de la barra que equivale al 90% de la tarifa, aunque el tener la perforadora si puede permitir jornadas laborales más extensas y por lo tanto mayor rendimiento.*

- *Es evidente que en materia de seguridad industrial el proceso de micropilotaje demuestra ser mucho más seguro que la excavación tradicional de pilas logrando evitar tomar riesgos en medida de trabajo en alturas y en espacios confinados.*

- *El cumplimiento de las obligaciones ambientales es muy parecido para los 2 procesos siendo el mayor reto la recirculación o disposición de agua usada y la disposición de material de excavación o sedimentos encontrados.*

- *Se demostró que en cuanto a calidad se tiene la ventaja de trabajar sobre pruebas de carga reales de cada elemento, llevando el diseño a cambios en caso de no cumplir con la resistencia teórica.*

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

REFERENCIAS

Braja M.Das. (2002). Principles of Foundation Engineering. *McGraw-Hill Handbooks*, xvii, 595 . https://doi.org/0-495-91356-1

Isschebeck Colombia. (2015). Micropilotes de inyección Titan.

Conpacifico. (2014). *Anexo 4 especificaciones particulares de construcción*. Bogota.

Documents, R., Precautions, S., & Procedures, L. (1995). Standard Test Method for Individual Piles Under Static Axial Tensile Load 1. *Current*, *4*(Reapproved), 1–11. https://doi.org/10.1520/D5780-10.1.2

Gisaico SA. (2016). *Plan de control e inspección*. Medellín.

Infraestructura, A. N. para la. (2014). *Autopista Conexión Pacifico UF1*. Bogota.

Ingeniería, A. (2017). *Memorias tecnicas Puente 8*. Medellin.

Pedroza, T. S. (2003). La seguridad laboral, el tema olvidad en la obra arquitectónica.

PILOTES Y OBRAS, S. A. (2015). Micropilotes con Barra Autoperforante. Retrieved May 14, 2017, from http://www.pilotesyobras.com/micropilotes-barra-autoperforante.asp

SURA, Ar. (n.d.). Normas básicas para trabajo en excavaciones.

Tovar, M. (2003). Seminario Latinoamericano de Cuentas Nacionales 2003. *Sistema de Pensiones Privado Y Público. Su Tratamiento En El Contexto de Cuentas Nacionales*, 18

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.