

PROYECTOS:
**PROYECTO DE REGENERACIÓN URBANA – SECTOR LA
AURORA DEL CANTÓN DAULE.**

OBRA:
**CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA
URBANA SATÉLITE DE LA AURORA**

**EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE CIMENTACION
PROFUNDA PARA EL PROYECTO
MALECON DE LA AURORA**

DAULE - ECUADOR

“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

El proyecto consiste en la ejecución del **“ESTUDIO Y DISEÑO DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”** el cual se encuentra ubicado paralelo a la vía León Febres Cordero colindante al río Daule y al Estero Sabanilla y posee una longitud de 470 m. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la ubicación del área de estudio.



Figura 1.- Ubicación del área de Estudio

De acuerdo con el proyecto arquitectónico del Malecón se proyecta que la cota de la losa de los muelles que se ubican sobre el río Daule, sea la +4.33, y según el plano de modulación estructural la plataforma se ha dividido en módulos numerados desde el módulo 1a (norte) hasta el módulo 10 (sur), los cuales estarán apoyados sobre pilotes. En el presente documento se detallan las consideraciones realizadas para la evaluación y selección de la alternativa de cimentación para cada uno de los módulos de la primera fase de la construcción del proyecto.

El proyecto ha sido dividido en Fase 1 y Fase 2. La Fase 1 abarca los módulos 4 al 10 y la Fase 2 módulo 1a hasta el módulo 3.

Debido a que no se pudo realizar la exploración geotécnica planificada en el sector de los módulos 1 al 3 que corresponden a la Fase 2, se tiene un alto grado de incertidumbre en la definición de la profundidad a la que se ubica del estrato resistente por lo cual se ha adoptado una posición conservadora en dicha zona y se recomienda utilizar pilotes de tipo prebarrenado.

CARACTERIZACION GEOTECNICA

El área de estudio presenta una notable variabilidad estratigráfica (**GRAN ERRATICIDAD**). Mediante el perfil longitudinal se determinó que entre las perforaciones

"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"

P03A, P04A P05A y la P10 se presenta el estrato resistente de manera superficial, esto es a profundidades entre 1.5 a 7.0 m (cota entre -5.00 y -7.00). En el sector norte del proyecto, en la P01 (en tierra) el estrato resistente se ubica a 12.0 m cota -8.3, mientras que hacia el sur, en tierra, desde la P03 hasta la P08 el estrato resistente se encuentra entre las cotas -12.0 y -20.0 y en agua, entre las perforaciones P02A a P01A el estrato resistente registra entre la cota -13.0 y -21.0.

La serie estratigráfica detectada de manera superficial se trata de una arcilla limosa gris verdosa mezclada con material de relleno y pintas de oxidación de consistencia medio firme y plasticidad media. Por debajo del estrato antes descrito se encuentra una arcilla gris verdosa oscura con residuos de materia orgánica de consistencia de blanda a medio firme, de alta plasticidad y alto contenido de humedad. Continuando en profundidad, se detectaron en ciertas perforaciones en dicho estrato un número de golpes superior a 100. De manera general el siguiente estrato detectado es un suelo residual constituido de arenas limosas con rechazo.

La profundidad a la que se registró rechazo hacia la P03A es de 2.50 m y en la P03 es de 16.50 m, lo cual demuestra claramente la erraticidad del terreno tanto en sentido longitudinal como transversal.

En la Figura 2 se muestra la ubicación de 2 perfiles longitudinales (líneas de color azul) uno en tierra y uno en agua, así como 8 perfiles transversales (líneas de color rojo) analizados de acuerdo con los cortes estructurales facilitados. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el perfil estratigráfico en tierra y la ubicación de los módulos de la Fase 1, en dicha figura se aprecia además con una línea verde la ubicación del estrato resistente.

En la Figura 4 se muestra el perfil en agua, con línea de color amarillo se ilustra la proyección de la ubicación espacial de las estructuras en correspondientes a los locales comerciales en agua, en dicho perfil se muestra que hacia el agua el espesor de sedimento es variable entre 13 y 2.5 m.

"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"

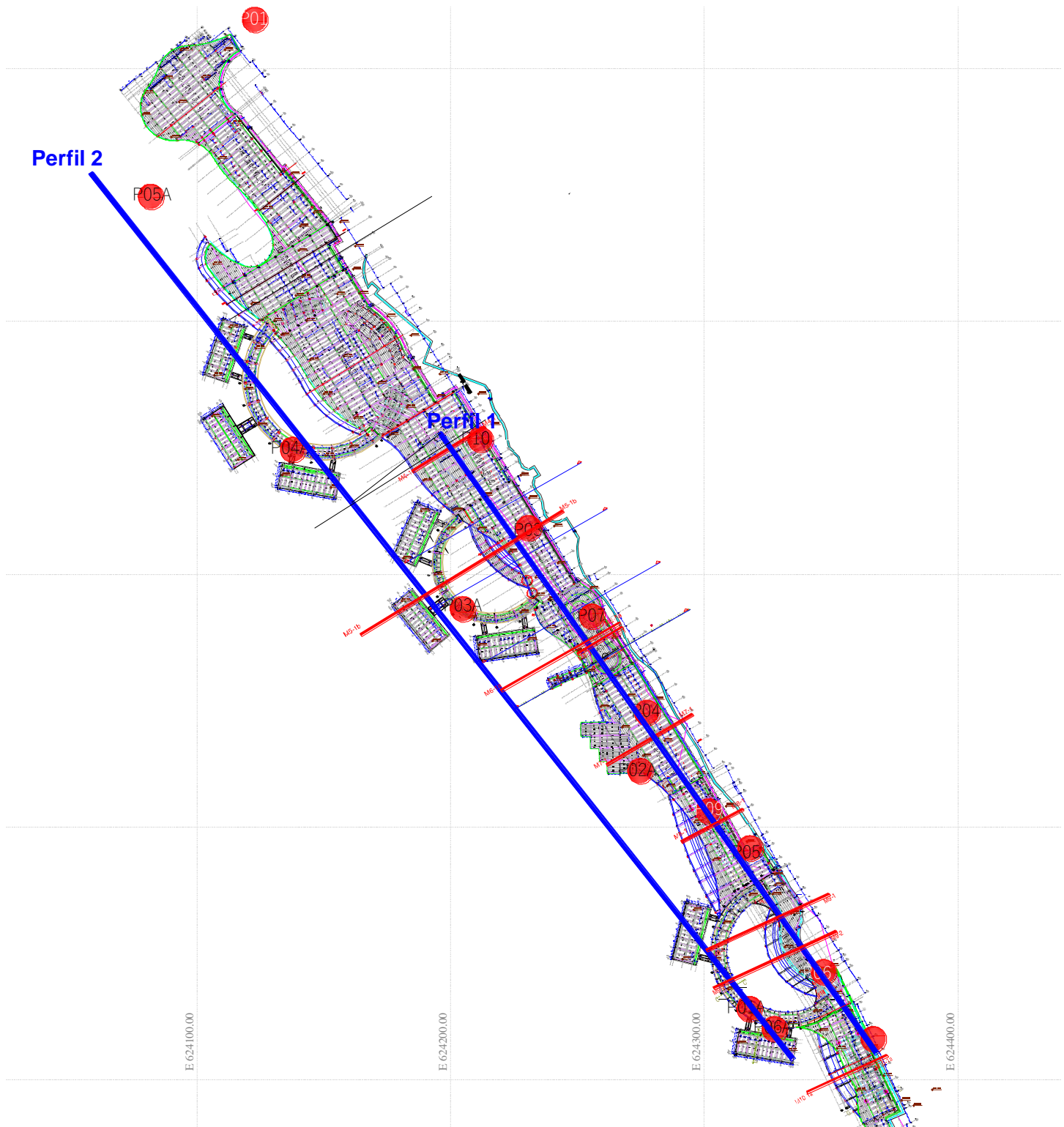


Figura 2.- Ubicación de los perfiles estratigráficos

"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"

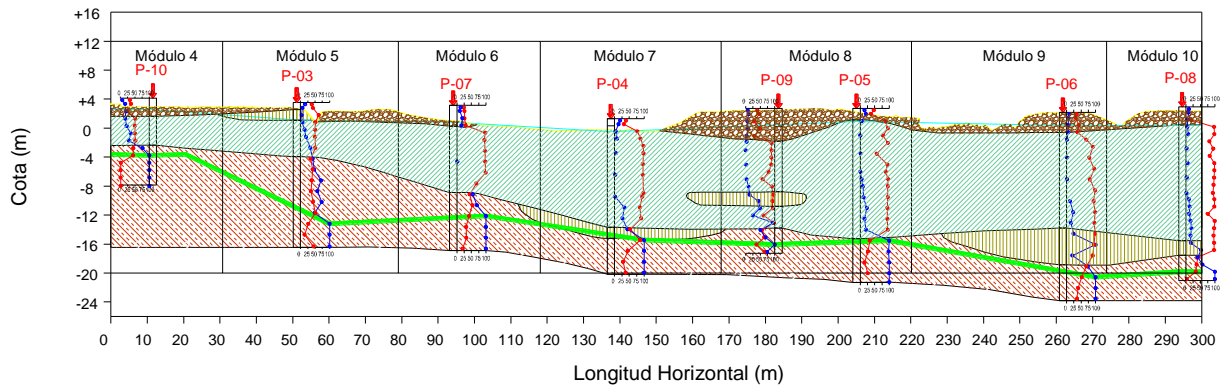


Figura 3.- Perfil estratigráfico longitudinal en tierra

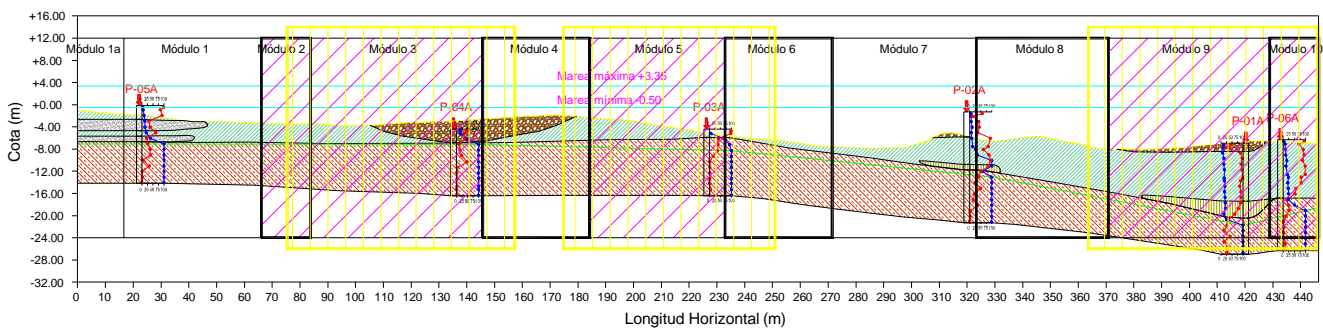


Figura 4.- Perfil estratigráfico longitudinal en agua

Con la finalidad de sectorizar y optimizar las longitudes de los pilotes, se procedió a identificar tanto en perfil como en planta las zonas consideradas como tierra, es decir las áreas donde se podrían construir los pilotes en el terreno sin necesidad de considerar una plataforma en agua, esta cota se la estableció en +2.50 (línea azul) considerando una distancia de seguridad de 3.0 m (línea cyan) para salvaguardar la estabilidad de la grúa, como se observa en la siguiente figura y en el plano (longitud de pilotes).

"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"

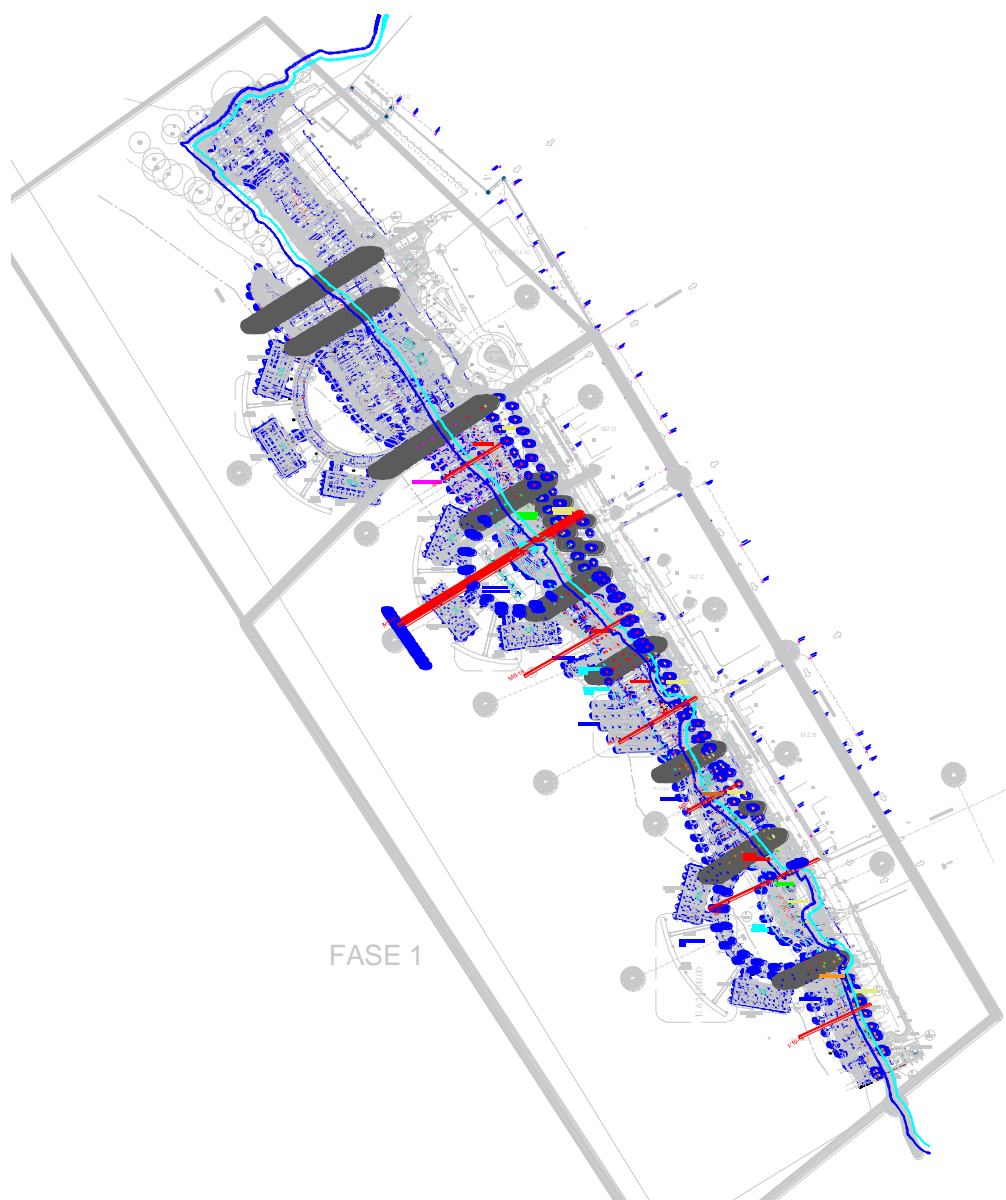


Figura 5.- Sectorización tierra y agua

De acuerdo con el prediseño estructural por cada apoyo se construirá un pilote, por lo que se partió con la cuantificación de estos elementos, identificando espacialmente en el plano (longitud de pilotes) con colores cada pilote e identificando su longitud, en el archivo de Excel (cantidad de pilotes) se detalla la cuantificación de los metros lineales de pilote por cada módulo tanto para agua como para tierra. Estos datos fueron empleados para obtener los costos y tiempos aproximados de cada alternativa de cimentación y de esta manera identificar su impacto, ya que se pudo confirmar que cualquier alternativa de pilote (hincado, prebarrenado, etc.) satisface el estados límite de falla ver cálculo de capacidad de carga.

“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

Una vez obtenidas las cantidades se resumió la información (archivo de Excel Anexo de ponderaciones), en este resumen se presentan 3 alternativas de cimentación y 4 escenarios geotécnicos, como se muestra a continuación a manera de ejemplo.

| ESCENARIO GEOTECNICO | DESCRIPCION |
|----------------------|--|
| Escenario 1 | Componente Tierra con profundidad de rechazo relativamente uniforme , módulos 6 , 7 , 8 , 9 , 10 |
| Escenario 2 | Componente en Agua con profundidad de rechazo relativamente uniforme, módulos 6 , 7 , 8 , 9 , 10 |
| Escenario 3 | Componente Tierra con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable, módulos 4 y 5 |
| Escenario 4 | Componente en Agua con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable, módulos 4 y 5 |

| MATRIZ COMPARATIVA DE ANALISIS DE TIPO DE CIMENTACIONES PARA EL ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO DEL MALECON LA AURORA - COMPONENTE EN AGUA - PROFUNDIDAD DE RECHAZO RELATIVAMENTE UNIFORME - | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--|---|---|-------------------|---------------------|----------------------------|---|---|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Tipo de pilotes | SECCION / DIAMETRO | VENTAJAS | DESVENTAJAS | Proceso constructivo | Número de Pilotes | Longitud de pilotes | Metros lineales de pilotes | Metros lineales de despedicio | Tiempo construcción | Costo Estimado Cotización 1 | Costo Estimado Cotización 2 | Costo Estimado Cotización 3 |
| Pilotes prebarrenados | 0.60 | Se puede en obra liquidar según los metros ejecutables | Mayor cantidad costo | Barrenar hasta la cota del pilote | 354 | Entre 16.50 y 26.50 | 6870 | No existiría, solo es exceso de hormigón en el vaciado por ser fundido en sitio | 1 frente de trabajo 354 días + 10 días obras previas | \$ 618,300.00 | | Costo barrenado incluye polímero \$90.0 |
| | | Cumple con la capacidad de carga | Mayor tiempo de construcción | Hormigonar hasta la profundidad deseada con 25% de desperdicio | | | | | | \$ 371,493.81 | | Costo de hormigón f'c=350 kg/cm2 |
| | | Fabricación in situ / No necesita elementos adicionales de fabricación ni transporte | Hormigón no puede ser inspeccionado después del fundido del elemento | Acero | | | | | | \$ 914,894.55 | | Costo del Kg acero de refuerzo \$2.00 |
| | | Elementos no sufren daños por motivos del accionar mecánico del golpe por medios mecánicos para su instalación a la cota de diseño | Velocidad de perforación depende mucho del estrato a perforar, teniendo en cuenta los daños mecánicos por presencia de elementos no propios del tipo de suelo (sacoz profundas, refijos no determinados en los sondeos exploratorios) | Camisa metálica no recuperable (8 mm) | | | | | | \$ 1,626,479.21 | | Costo del Kg acero \$2.00 |
| | | Si la camisa metálica es perdida, se garantiza que las paredes del pilote es homogéneo | Pruebas in situ para verificar densificación de hormigón durante el vaciado | Desalojo de material de prebarrenado | | | | | | \$ 72,841.92 | | Distancia de acarreo hasta 10 km costo \$3.00 m3-km |
| | | Los pilotes no sufren de daños estructurales por el transporte | Cuando se realiza en agua hay costos adicionales por el proceso constructivo que deben ser contemplados en el estudio y presupuesto referencial | Pruebas de integridad del pilote | | | | | | \$ 148,680.00 | | Cada prueba a \$300.00 tubo 1 1/2 \$3.00, pruebas al 100% de los pilotes |
| | | | | Pruebas PDA | | | | | | \$ 191,160.00 | | Cada prueba a \$1800.0, pruebas al 30% de los pilotes |
| | | | | Movilización de equipos incluye barcas, bote, remolcador y construcción de obra falsa | | | | | | \$ 2,088,600.00 | | 2 barcasas \$1000 c/u ; 1 barcasita pequeña \$500 ; 1 remolcador \$1000 c/u ; \$400.00 obra falsa x pilote ; \$500 personal el día ; \$500 insumos diarios |
| | | | | | | | | | | \$ 6,032,449.49 | | |
| Pilotes prefabricados hincados | 40X40 | Mayor capacidad de carga | No es posible determinar una cota de punta del pilote | Prefabricados desde planta | 354 | Entre 16.50 y 26.50 | 6870 | 15% | rendimiento 4 pilotes diarios 90 días + 10 días obras previas | \$ 1,264,060.00 | \$ 1,027,065.00 | Cotización 1 a \$160.0 ml y cotización 2 a \$130 ml |
| | | Control de resistencia de elemento por fundición en planta | Se pierden elementos por manipulación hacia el lugar de la obra, por lo tanto se tienen problemas contractuales por diferencia de cantidades incluso problemas de calidad | Transporte de elemento prefabricado de planta a obra | | | | | | | | |
| | | Menor tiempo de construcción | | Hincados in situ | | | | | | \$ 191,160.00 | \$ 191,160.00 | Cada prueba a \$1800.0, pruebas al 30% de los pilotes |
| | | | | Pruebas PDA | | | | | | \$ 741,600.00 | | 2 barcasas \$1000 c/u ; 1 remolcador \$1000 c/u ; \$400.00 obra falsa x pilote ; \$500 personal el día por frente de trabajo ; \$500 insumos diarios |
| | | | | Movilización de equipos incluye barcasas, bote, remolcador y construcción de obra falsa | | | | | | \$ 2,196,840.00 | | |
| Tubo tubulares hincados | 0.60 | Menor tiempo de construcción | Menor capacidad de carga | Hincado in situ | 354 | Entre 16.50 y 26.50 | 6870 | 5% | 1 frente 354 días + 10 días obras previas | \$ 618,300.00 | | Costo hincado \$90.0 |
| | | Se pueden cortar dependiendo de la zona | No es posible determinar una cota de punta del pilote | Sección ejecutada en planta 16 mm de espesor | | | | | | \$ 3,415,606.33 | | Costo del Kg acero \$2.00 |
| | | | | Movilización de equipos incluye barcasas, bote, remolcador y construcción de obra falsa | | | | | | \$ 2,265,600.00 | | 3 barcasas \$1000 c/u ; 1 remolcador \$1000 c/u ; \$400.00 obra falsa x pilote ; \$500 personal el día por frente de trabajo ; \$500 insumos diarios |
| | | | | | | | | | | \$ 6,299,506.33 | | |

Figura 6.- Consideraciones técnicas, económicas y constructivas de cada alternativa de cimentación

Con esta visión general de cada alternativa tanto técnica como económica, ventajas, desventajas, proceso constructivo, costo del proyecto, tiempos estimados y considerando que el terreno tiene una estratigrafía muy errática, se procedió a generar una matriz de

"CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA"

evaluación utilizando la escala de Likert (ver archivo matriz de evaluación), siendo las variables consideradas las detalladas a continuación:

| # | Variables a considerar | Ponderación |
|---|----------------------------|----------------|
| 1 | Capacidad de carga axial | 5.00% |
| 2 | Capacidad de carga lateral | 5.00% |
| 3 | Tiempo de construccion | 25.00% |
| 4 | Costo | 30.00% |
| 5 | Desperdicio | 20.00% |
| 6 | Problemas contractuales | 15.00% |
| | TOTAL | 100.00% |

Como se muestra en la última tabla el mayor peso (ponderación) ha sido considerado para las variables de costo y el tiempo de construcción, esto se debe a que el valor final de la solución de cimentación representa un porcentaje importante del costo total del proyecto y el mismo resultará importante para concretar la construcción de la obra.

Por su parte el tiempo de construcción también resulta muy relevante ya que el mismo incide de forma directa en el periodo de retorno de la inversión realizada. El poder contar cuanto antes con el proyecto concluido permitirá generar recursos económicos asociados al comercio directo al interior del malecón, generará plazas de empleo directo e indirecto, mejorará la plusvalía del sector, fomentará el turismo y mejorará la calidad de vida de los vecinos.

Las otras variables que se consideran relevantes son: el desperdicio que se generará en la instalación de los pilotes y los problemas contractuales que se puedan presentar al momento de la construcción debido a la gran erraticidad del suelo. El desperdicio resulta muy importante ya que además de repercutir en pérdidas económicas retrasa la planificación y extiende el plazo considerado para la construcción del proyecto. Así también, los problemas contractuales asociados a metros lineales de pilotes que se deberían pagar (por ejemplo el caso de elementos integrales como pilotes hincados) a pesar de no haber sido instalados completamente porque el terreno impidió esta tarea resulta relevante en aspectos legales y administrativos frente a la fiscalización de entidades gubernamentales encargadas de corroborar el fiel cumplimiento de las obras llevadas a cabo haciendo uso de fondos públicos asignados a los municipios.

Los aspectos técnicos asociados a la capacidad de carga axial y lateral de los pilotes han recibido una baja ponderación en relación a las variables antes mencionadas debido a que el número de pilotes por apoyo considerando las diferentes alternativas de cimentación es prácticamente el mismo frente a las descargas transmitidas.

Para las puntuaciones se empleó una escala de 5 niveles que es lo más usado para cada variable (ítem) cuando se emplea la escala de Likert.

Se discretizó considerando para las variables 1 y 2 una misma escala de puntuación ya que ambas comprenden a la evaluación del estado límite de falla de la cimentación siendo. La valoración de 5 puntos se adoptó para definir que la variable resulta muy importante, 3 puntos se consideraron para una relevancia moderada y 1 punto para cuando la variable merece poca atención.

“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

Independientemente del tipo de cimentación profunda la revisión del estado de límite de falla se centra en la verificación del comportamiento axial del pilote y este se complementa con la revisión de la capacidad lateral, de ahí las puntuaciones asignadas en el documento de Excel.

| VARIABLES 1 y 2 | | |
|-----------------|--------------------------|------------|
| # | Importancia | Puntuación |
| 1 | Muy importante | 5 |
| 2 | Importante | 4 |
| 3 | Moderadamente importante | 3 |
| 4 | De poca importancia | 2 |
| 5 | Sin importancia | 1 |

Al igual que para las dos variables anteriores, para la evaluación del tiempo de construcción y el costo (variables 3 y 4) se estableció una misma escala de puntuación también con valores de 1 a 5, pero a diferencia de las dos primeras variables en esta ocasión el que la alternativa entregue menores tiempos de construcción o sea más económica amerita una mayor valorización puesto que al final la alternativa seleccionada para cada escenario geotécnico corresponderá a la mejor puntuada. En contraposición, para una alternativa de cimentación profunda que requiere mucho tiempo para su construcción o es muy costosa se ha asignado la puntuación más baja del rango considerado y así por su parte, si el impacto es promedio (razonable o manejable) se adopta un valor central, en relación a la escala.

| VARIABLES 3 y 4 | | |
|-----------------|----------------------------|------------|
| # | Impacto | Puntuación |
| 1 | Muy prolongado/muy costoso | 1 |
| 2 | Prolongado/Costoso | 2 |
| 3 | Razonable/manejable | 3 |
| 4 | Corto/económico | 4 |
| 5 | Muy corto/muy económico | 5 |

Finalmente, para las variables de desperdicio y problemas contractuales se dispuso también de una escala con 5 niveles pero adoptando un rango negativo para una visualización de que dicha puntuación es desfavorable para determinada alternativa de cimentación. Es importante destacar que la adopción del rango con valores negativos para las dos últimas variables no altera la conclusión de la toma de decisión que selecciona a la alternativa de cimentación que más puntúa ante determinado escenario geotécnico.

La puntuación de -2 se consideró en el caso de que el desperdicio o problemas contractuales sean altamente probables y de forma opuesta un valor de 2 se asignó en caso de existe una escasa probabilidad (o sean de magnitudes sin importancia, despreciables) de que estos se produzcan.

“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

| VARIABLES 5 y 6 | | |
|-----------------|---------------------|------------|
| # | Importancia | Puntuación |
| 1 | Muy probable | -2 |
| 2 | Probable | -1 |
| 3 | Poco probable | 0 |
| 4 | De poca importancia | 1 |
| 5 | Sin importancia | 2 |

Como resultado de la evaluación se presenta en la siguiente tabla la alternativa seleccionada para cada condición y los módulos en los que esta aplica

| ESCENARIO GEOTECNICO | DESCRIPCION | ALTERNATIVA SELECCIONADA | MODULOS A LOS QUE APLICA | UBICACIÓN DEL MÓDULO |
|----------------------|--|--|--------------------------|----------------------|
| Escenario 1 | Componente Tierra con profundidad de rechazo relativamente uniforme. | <u>Pilotes de Hormigón Prefabricado Hincados</u> | Módulos 6, 7, 8, 9, y 10 | Tierra |
| Escenario 2 | Componente en Agua con profundidad de rechazo relativamente uniforme. | <u>Pilotes de Hormigón Prefabricado Hincados</u> | Módulos 6, 7, 8, 9, y 10 | Agua |
| Escenario 3 | Componente Tierra con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable. | <u>Pilotes de Hormigón Prefabricado Hincados</u> | Módulos 4 y 5 | Tierra |
| Escenario 4 | Componente en Agua con profundidad de rechazo superficial o significativamente variable. | <u>Pilotes Tubular Hincados</u> | Módulos 4 y 5 | Agua |

| ELABORADO POR: | REVISADO POR: |
|--|--|
| ING. TERESA ARMAS ESPECIALISTA GEOTÉCNICA | ARQ. DANIEL FERNANDO SAN LUCAS MACIAS DIRECTOR GENERAL DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CÓDIGO SERCOP: 8uE1iUQsG4 |

“CONSTRUCCIÓN DEL MALECÓN EN LA PARROQUIA URBANA SATÉLITE LA AURORA”

| REVISADO POR: | APROBADO POR: |
|---|--|
| <p>ING. CIV. JAVIER ELIAS PRIETO LAINA SUBDIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO – OBRAS PÚBLICAS <i>CÓDIGO SERCOP: tJsbg5oV6w</i></p> | <p>ING. CIV. ÁNGEL WASHINGTON TAIPE VELIZ DIRECTOR GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS <i>CÓDIGO SERCOP: 1b5qYDfpNP</i></p> |