

POZOS DE GRANDES DIAMETROS

Neomar González.¹

¹*Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería.*

neomar8522@gmail.com

RESUMEN

Pozos excavados bajo una metodología ejecutiva definida, que posean grandes dimensiones comparados con otros excavados a través de métodos convencionales, es el tema que se va a desarrollar en este trabajo. Este tipo de pozo es también conocido como Pozos *NATM* (*New Austrian Tunneling Method*). En función de su simplicidad ejecutiva y su costo altamente competitivo en comparación a estructuras similares, como son trincheras a cielo abierto con muros atirantados, su utilización se da en diversos campos de la ingeniería, por ejemplo, en las líneas de metro, complemento en obras de vías ferroviarias, transporte de energía, obras de saneamiento, etc. Se va a describir los elementos constructivos del pozo, los principios de cálculo que permiten diseñarlo, los fenómenos de la mecánica de suelo que envuelven su comportamiento, ventajas y desventajas del método, principales tipos de tratamiento en el macizo empleados y el tipo de refuerzo para su estabilidad.

Palabras Clave: Pozos NATM, Trinchera, Excavación a Cielo Abierto, Pozos, Minería.

ABSTRACT

Shafts excavated under a defined executive methodology that have large dimensions compared to others excavated through conventional methods is the subject that will be developed in this work. This type of well is also known as Shaft *NATM* (*New Austrian Tunneling Method*). Depending on its executive simplicity and its highly competitive cost in comparison to similar structures such as open-pit trenches with cable-stayed walls, its use can be found in various fields of engineering, for example, in metro lines, complementing railway works, transportation of energy, sanitation works, etc. The constructive elements of the well will be described, the calculation principles that allow to design it the phenomena of the soil mechanics that surround its behavior, advantages and disadvantages of the main methods of treatment method used in the massif and the type of reinforcement for its stability.

Keywords: NATM Shaft, Trenches, Cutter Cover, Shafts, Mining.

INTRODUCCIÓN

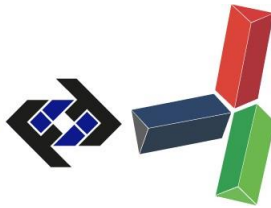
Los pozos de gran diámetro de sección circular o elípticas, hoy en día se ejecutan básicamente, con una malla electro soldada como refuerzo y concreto proyectado. Su ejecución no puede ser hecha por métodos de perforación tradicionales o convencionales, como por ejemplo con un equipo rotatorio de extracción de material para pozos de abatimiento, etc, ya que estos pozos de grandes diámetros llegan a supera los 40 metros. Es un método que compite, por ejemplo, con las excavaciones de trincheras a cielo abierto de muros atirantados, no solo en su simplicidad en la ejecución sino en el costo el cual es muy competitivo con los métodos tradicionales o convencionales. Las aplicaciones de pozos de grandes diámetros en el campo de la ingeniería se

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación. Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.

Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>



ejecutan para la línea de metros, líneas ferroviarias, transporte de energía, obras de saneamiento, etc. Su diseño y construcción está basado en los principios del método de *NATM* (*New Austrian Tunneling Method*), que aprovecha el macizo circundante la cual no solamente genera un estado de sollicitación por carga, sino que junto con la excavación forman parte como un solo conjunto del sistema de soporte. Punto clave en su ejecución es la implantación y seguimientos de la instrumentación del macizo durante el proceso de excavación. Todo lo anteriormente descrito conlleva a los pozos de grandes diámetros en llamarlos Pozos *NATM* (*Pozos New Austrian Tunneling Method*). Este trabajo presenta los principales elementos constructivos de los pozos de gran diámetro, los métodos de cálculo para un proyecto, las principales ventajas y desventajas del método, los tipos de tratamientos en el macizo empleados y las principales estructuras de refuerzo.

Figura 1. Pozo elíptico Macarena en la Línea II Metro Los Teques. Venezuela [1].



Figura 2. Pozo La Rosaleda Línea II Metro Los Teques. Venezuela [1].



Figura 3. Pozo Estación Luz. Metro San Pablo Brasil. [2].



Figura 4. Jardines. Línea IV. Metro San Pablo. [2].



Entre las diversas aplicaciones de los pozos de grandes diámetros, están la de servir como foso de ventilación a obras subterráneas, para albergar equipos de bombeos, salidas de emergencia, acceso a usuarios a las estaciones, foso de acceso para el mantenimiento correctivo y de reparación de la cabeza de corte en una tuneladora, (como se indica a continuación en la figura 5, en Foso Macarena una de las *TBMs* (*Tunnel Boring Machine Shield*), la cual se le va a realizar mantenimiento del Escudo y de la Cabeza de Corte.

Figura 5: Tuneladora en Fondo del Pozo

SECRETARÍA DE LAS JORNADAS.

Coordinación de Investigación. Edif. Física Aplicada. Piso 2. Facultad de Ingeniería.
Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria de Caracas. 1053

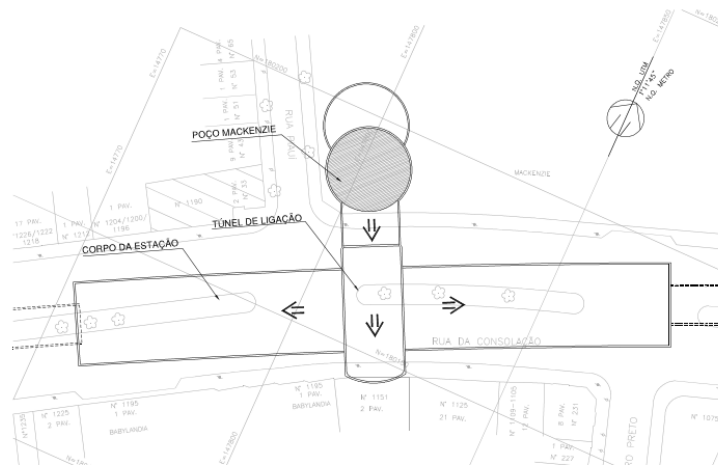
Telf.: +58 212-605 1644 | <http://www.ing.ucv.ve>



Macarena Los Teques. Línea II [1].

Hay casos en la fase de construcción de una obra, en la cual el uso de los pozos de gran diámetro se usa como acceso para complementar y facilitar los frentes de excavaciones subterráneas. En la figura 6 vemos este caso el cual fue implementado en la Estación *Higienópolis*, con el Pozo *Mackenzie* de la Línea IV del metro de San Pablo, Brasil.

Figura 6.- Pozo *Mackenzie* [2].



METODOLOGÍA

La ejecución de un pozo de gran diámetro, está esencialmente conformado, por una viga cabezal de borde cuyo desplante está en la cota inicial de excavación del nivel de superficie, un revestimiento primario de malla electrosoldada por lo mínimo en dos capas y concreto proyectado de alta resistencia normalmente en vía humedad, algunos se diseñan con reforzamiento a cierto nivel o el llamado cuadro de refuerzo, para absorber la intersección con tuneles adyacentes. En el fondo del pozo se construye una losa llamada de fondo para trabajo provisional, luego sobre esta una losa definitiva de concreto armado. Un sistema de impermeabilización en las paredes circundantes internas entre el revestimiento primario y el secundario y por último el revestimiento secundario de concreto armado con encofrado deslizante o con concreto proyectado, como se indica en la figura 7 y 8.

Figura 7: Viga Cabezal elíptica [1]. [2].

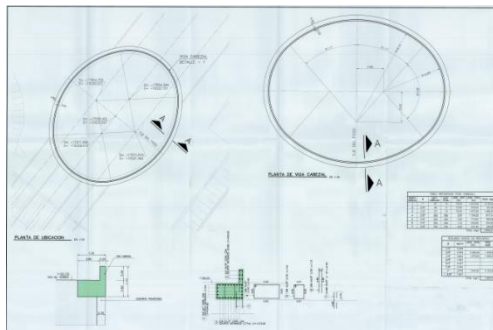


Figura 8.- Alzado típico de un Pozo Grande

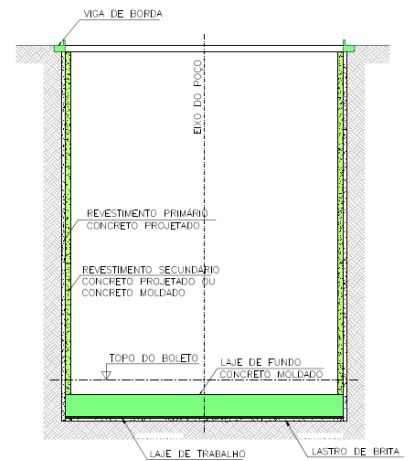
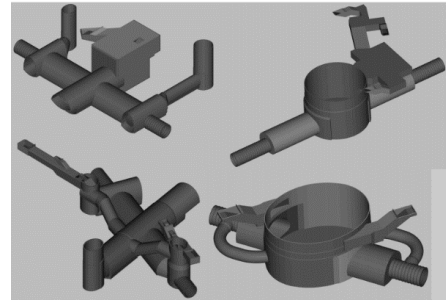
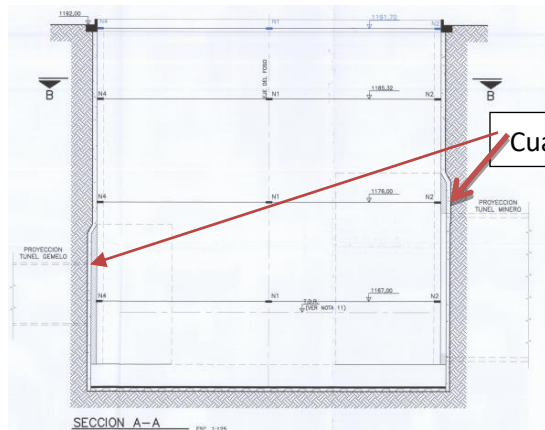


Figura 9.- Pozo con Cuadro de Refuerzo [1] Figura 10.- Algunas tipologías de aplicaciones de Los pozos de grandes diámetros. []



La Viga Cabezal, sus principales funciones es de absorber el estado de sollicitación por sobrecarga debida al área adyacente o circundante al pozo en superficie, producidas por las cargas móviles, como son las grúas para izamientos, pórticos grúas, carga dinámica de equipos móviles o estacionarios como una planta de eléctrica, así como servir de replanteo en el inicio de la excavación. **El Revestimiento Primario** garantiza la estabilidad del pozo a posibles derrumbes, fuerzas sísmicas imprevistas, durante la fase de construcción, tomando en cuenta, certificar la instalación de pozos de abatimiento del nivel freático, para excavar en un macizo drenado. **La Losa De Trabajo** mejora las condiciones del personal obrero, supervisor etc, para el tráfico de equipos y obreros mientras se construye el pozo, su espesor varía entre 10 y 20 cm en concreto estructural. **El Cuadro De Refuerzo**, es un elemento estructural construido alrededor de las aberturas para los emboques de túneles, galerías, su función es de absorber los esfuerzos a flexión, tracción y cortes que se generan en estas aberturas. **La Losa De Fondo**, sus funciones son de mantener la configuración del pozo circular o elíptica en el fondo del pozo, así como absorber las presiones laterales de las cotas más bajas del macizo. Hidrostáticas como es la subpresión del agua, sismo y como base de apoyo para infraestructuras a ser ejecutadas y de estadía permanentes, su espesor en concreto estructural varía entre 50 cm hasta 3 metros. **El Sistema de Impermeabilización** es para minimizar las filtraciones futuras en la estructura final de pozo, con lo cual se garantiza el aumento de la vida útil del revestimiento secundario. **El Revestimiento Secundario**, absorberá los esfuerzos del macizo generados por sobrecargas, presión hidrostática y sismo, etc. Garantiza la estabilidad del pozo durante su vida útil hasta los 100 años. **Dimensionamiento del Revestimiento Primario:** Se puede realizar a través del Método de equilibrio plástico, la cual prevee tensiones radiales del suelo a lo largo de la pared del pozo, asumiendo que la pared permanece rígida, mientras que el suelo es quien se deforma. También se puede hacer a través de análisis numérico tridimensional, la ventaja de este método es que permite que se consideren cargas puntuales en el contorno del pozo.

Figura 11. Modelo tridimensional de la estructura del pozo. [2].

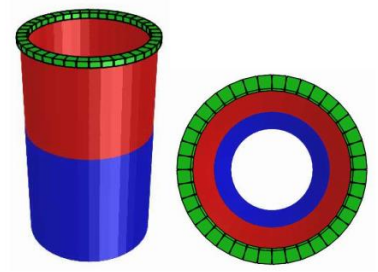
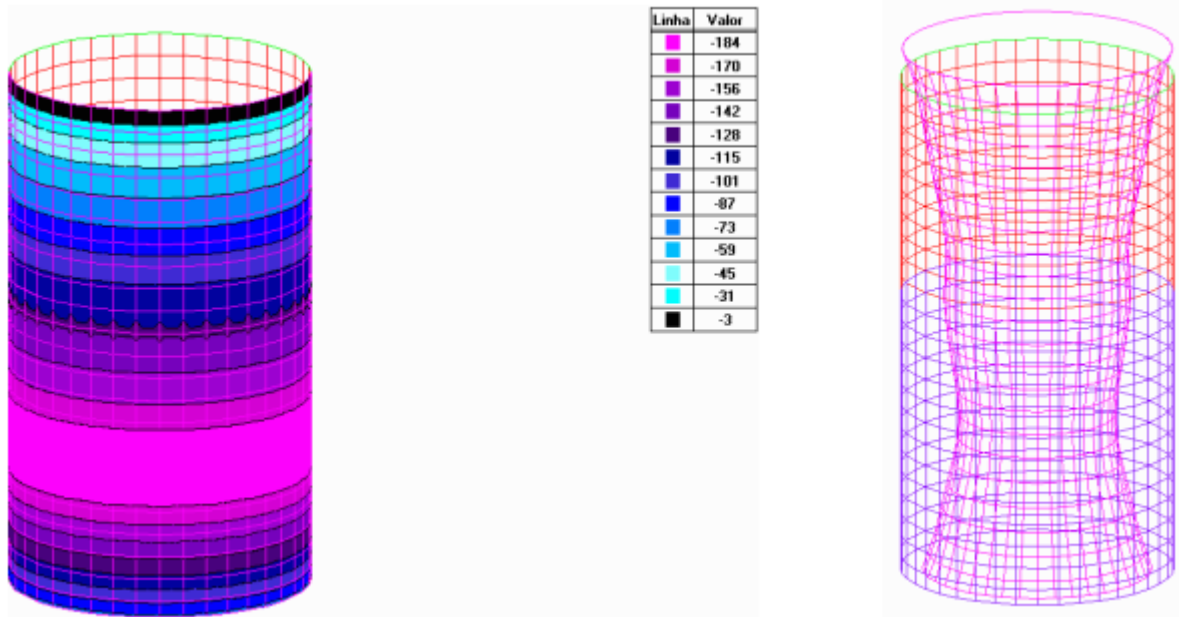


Figura 12. Esfuerzos axiales y malla deformada. [2].



Abatimiento e Instrumentación: Antes del proceso de excavación, se realiza una batería de pozos de abatimiento alrededor de la viga cabezal, la cota de perforación de los pozos de abatimiento sobrepasan la cota final del pozo de gran diámetro con el fin de drenar el macizo, teniendo un continuo seguimiento en las mediciones del nivel freático. Para instrumentar el pozo mientras se excava, se requiere un inclinómetro, con el fin de medir las inclinaciones verticales de las paredes del pozo a excavar, se mide la convergencia y los tasómetros en la superficie circundante para medir los asentamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

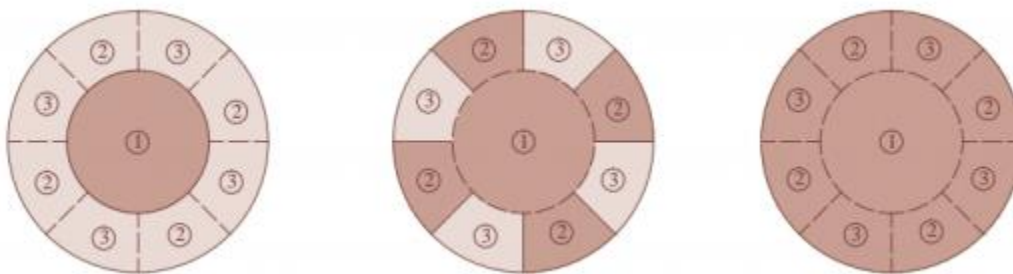
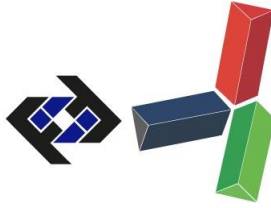


Figura 13.-Secuencia típica del Pozo De Gran Diámetro para la de excavación. [3].

- Secuencia (1): Excavación del núcleo central.
- Secuencia (2): Excavación de secciones alternadas y opuestas, simétricas, colocación en las paredes del concreto proyectado
- Secuencia (3): Excavación de las secciones faltantes y colocación del resto del concreto

proyectado.



JIFI2018
JORNADAS DE INVESTIGACIÓN
ENCUENTRO ACADÉMICO INDUSTRIAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA UCV

Figura 14.- Pozo Macarena en Los Teques laterales

Via Cabozela inicia a la excavación [1]



Figura 15.- Retiro de las secciones

y proyectado del concreto. [1].



Resultado de la Instrumentación.

Figura 16.- Convergencia [1].

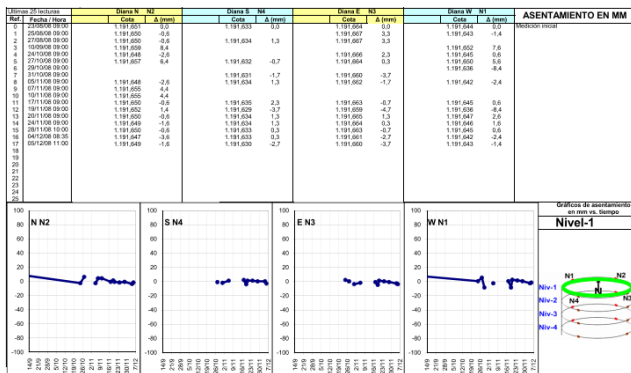


Figura 17.- Chequeo de Verticalidad. [1].

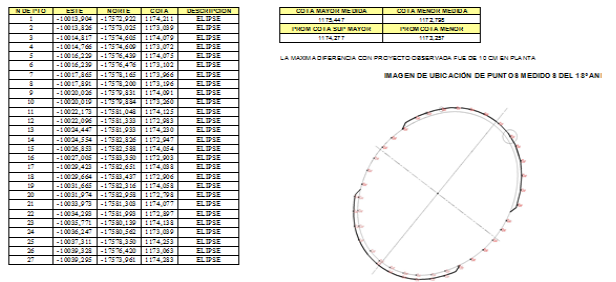


Figura 18.- Nivelación [1].

[1].

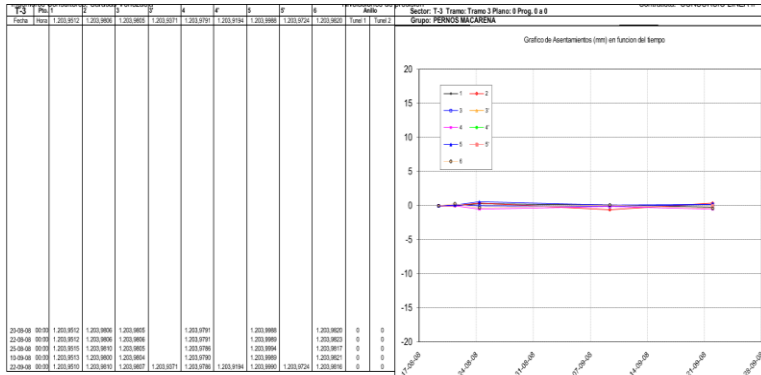
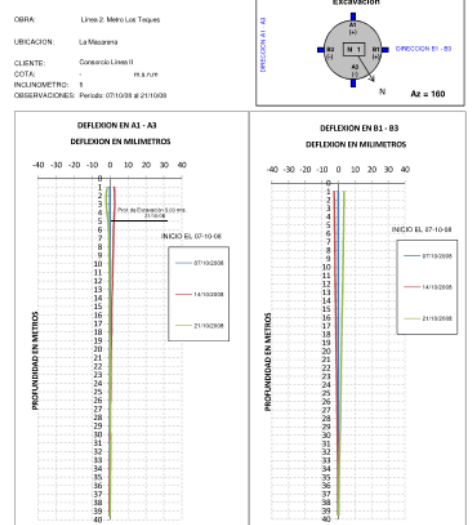


Figura 19.- Inclinómetro.





CONCLUSIONES

Si se respecta el protocolo secuencial para la ejecución del pozo de gran diámetro, el cual lo podemos dividir en tres etapas:

1.- Antes de la excavación:

- . - Colocación de los instrumentos para la auscultación del pozo como son: Colocación de inclinómetro, tasómetros y dianas para la convergencia.
- . - Abatimiento con una batería de bombas, alrededor de la abertura del pozo, para drenar el nivel de agua freática, por debajo de la cota de fondo del pozo.

2.- Durante la excavación:

- . - Respetar la secuencia de excavación, junto con el proyectado simultaneo después de la excavación de las secciones laterales.
- . - Tener un protocolo de fraguado versus resistencia para no parar la excavación, a medida que se baja en cota y que garantice estabilidad.
- . - Monitoreo diario de la instrumentación y chequeo topográfico semanal para verificar la verticalidad.
- . - Un buen control de calidad en el concreto proyectado.

3.- Con los ítems anteriores, bien ejecutados, podemos garantizar el tercero y último proceso en el protocolo:

- . - Impermeabilización apropiada entre el revestimiento primario y secundario.
- . - Ejecución del revestimiento final, con muy poca desviación de su proyecto original.
- . - Valores muy bajos en los asentamientos superficiales, desviación en la verticalidad tolerables
- . - Valores del inclinómetro dentro de la tolerancia.
- . - Vida útil para el pozo de alrededor de 100 años.

REFERENCIAS

- [1] Consorcio Línea II. Metro Los Teques. Sala Técnica, 2009.
- [2] Campanhã, C.A.; França, P. T. Poços de Grande Diâmetro. 2º. Congresso Brasileiro de Túneis e Estructuras enterradas, 2008.
- [3] Cortizo, P.T. Análise de poços de grande diâmetro executados pelo método de escavação sequencial na vertical. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.