

Entidad colaboradora: **ENAGAS, S.A.**

Lugar: **El Musel (Gijón)**

Investigación: **Sobre el terreno de cimentación, tipología y tratamientos de la Planta Regasificadora de El Musel (Gijón)**

Director de Investigación: **Fernando Román**

Fecha de inicio: 27 mayo 2009
 Fecha de terminación: 3 septiembre 2010



En la reciente ampliación del puerto de El Musel, la primera industria instalada fue Enagás (Empresa Nacional de Gas) quien ha construido una Planta de Regasificación de GNL para la que la Autoridad Portuaria de Gijón (APG) creó en el verano de 2009 una superficie de 260.000 m² de los cuales Enagás ocupó 220.000 m². Antes de la ampliación del puerto, el fondo del mar estaba a unas cotas de entre la -15 y la -20. En el verano de 2009 se han vertido casi 4,5 millones de m³ (de arena algo limosa) con dos dragas usando sistemas de regado, descarga por fondo y vertido mediante tubería.

Nuestra Investigación ha tenido como finalidad conocer el comportamiento de los rellenos hidráulicos para determinar su tratamiento de estabilización y proyectar la cimentación de los distintos elementos de la Planta.

En la nueva Planta de Regasificación destacan dos tanques de almacenamiento de GNL de 78,2 m de diámetro y 50,5 m de altura máxima, capaces de almacenar 150.000 m³ cada uno. Los tanques tienen un anillo exterior de hormigón pretensado de 80 cm de grosor y una cúpula de hormigón reforzada con una estructura de acero. La losa de cimentación tiene un diámetro de 82,4 m con un espesor de 0,70 m que en los 5,40 m exteriores se engrosa a 1,20 m bajo el anillo exterior de hormigón. Las cargas transmitidas por el tanque son de 200 kN/m² en servicio y de 285 kN/m² durante la prueba hidráulica. El tratamiento del terreno bajo los tanques ha sido de una precarga con 180.000 m³ de tierra y 17 metros de altura.

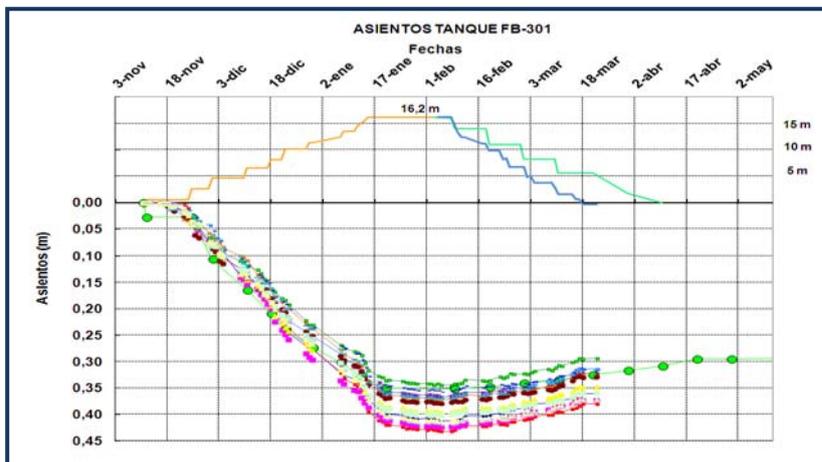
Además de estos tanques existen otros elementos tales como:

- Tres compresores y su nave, todo cimentado sobre columnas de grava.
- Antorcha de 85 m de altura, cimentada sobre columnas de grava.
- Dos vaporizadores, de combustión sumergida y de agua de mar, cimentados por losa previa precarga de 4 m de tierras.
- Varios edificios, de control, administrativo, servicios etc., cimentados directamente cimentados por losa previa precarga de 2-3 m de tierras.
- Torre de control portuaria, tanques de agua potable y racks de tuberías cimentados por losa y zapatas previa precarga de 3 m de tierras.

Para ello se programó y dirigió una campaña de reconocimientos consistente en:

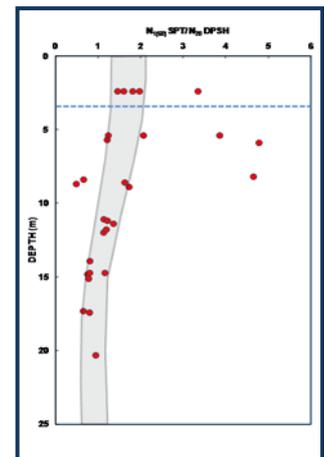
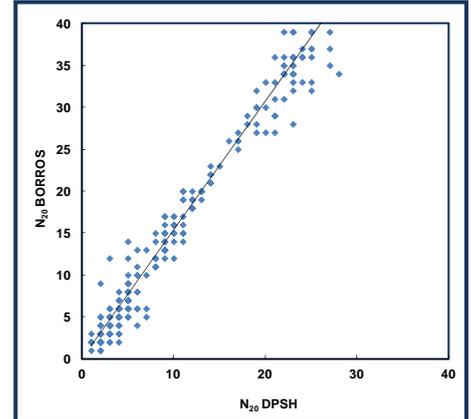
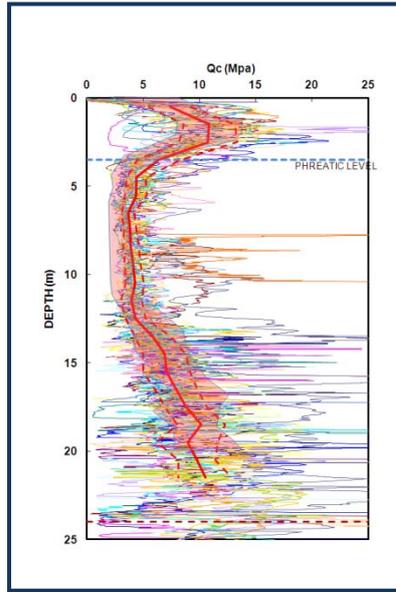
- 25 sondeos mecánicos a rotación con toma de muestras inalteradas cada 3 metros y ensayo SPT inmediatamente después de cada una de ellas.
- 55 ensayos de penetración dinámica DPSH
- 2 ensayos de penetración dinámica BORRO
- 23 ensayos de penetración estática con medida de la presión intersticial CPTU con 6 ensayos de disipación.
- 6 ensayos de cono sísmico SCPTU con medida de la velocidad de onda.
- 4 sondeos mecánicos para realización de 3 Cross-hole entre ellos.
- 3 ensayos de carga con placa
- 10 catas.

Para la decisión de las cimentaciones con columnas de grava se realizaron tres campos de prueba con distintas técnicas de ejecución: Uno con un vibrador potente específico para rellenos hidráulicos; otro con un vibrador estándar con alimentación superficial; y un tercero con alimentación por el fondo. El control de resultados se realizó con ensayos de penetración dinámica, carga con placa y geofísica (cross-hole y cono sísmico).



Logros intrínsecos de la Investigación:

- Se ha realizado una buena recopilación de bibliografía para poder escribir un estado de los conocimientos de los rellenos hidráulicos.
- Se intentó establecer una relación entre las técnicas de vertido y las propiedades de los rellenos.
- Se ha conseguido tener unas buenas correlaciones:
 - Resistencias a la penetración dinámica con distintas energías de golpeo (SPT-DPSH-Borros)
 - Resistencias a la penetración dinámica - y estática - en función de la profundidad, lo que caracteriza bien un relleno hidráulico.
 - Resistencia a la penetración estática (CPTU) en función del SPT o del DPSH.
 - Módulo de deformación estática (E) en función del Q_c del CPTU.
- Se ha mejorado el equipo de extensometría al diseñar unos elementos que mejoran el rozamiento de vainas con varillas.



Logros de la Investigación en su aplicación a la Ingeniería Civil:

- Se ha conseguido una adecuada caracterización de este relleno hidráulico y se ha diseñado y verificado posteriormente la adecuada cimentación de cada elemento, aspecto que podrá ser extrapolada a otros rellenos hidráulicos similares.
- Se ha conseguido con la asesoría durante la ejecución de las precargas y las columnas de grava que ambos tratamientos fueran eficaces y ajustados al plazo de construcción.
- La alternativa del tratamiento de precarga para la cimentación de los tanques de GNL ha supuesto un ahorro importante frente a otros tratamientos contemplados (columnas vibroflotadas, dos veces más caras, y columnas de jet-grouting, cuatro veces más caras).
- Resultados similares pueden decirse en relación con las cimentaciones de los demás elementos con cargas estáticas.
- La apuesta por unos plazos de precarga reducidos ha beneficiado la estricta planificación de la obra y ha permitido cumplir los plazos de ejecución de la Planta.
- En los tratamientos con columnas de grava se ha optimizado técnica y económicamente la técnica empleada.

