Hormigón y Acero
Vol. 57, nº 247, págs. 11-40
enero-marzo, 2008
ISSN: 0439-5689

Obra Cajón Adriatic LNG Terminal Algeciras

Algeciras Adriatic LNG terminal Caisson project

John Knight[1], Antonio Arcas Pedregosa[2]
Félix Ambrosio Račič[3]

Recibido / *Received:* 29/05/2007
Aceptado / *Accepted*: 18/01/2008

RESUMEN

En la Bahía de Algeciras, se han terminado de ejecutar recientemente los trabajos de la obra civil de una gran estructura de gravedad (GBS) de más de 280.000 toneladas de peso que, una vez dotada con las instalaciones de regasificación, de alojamiento del personal de operaciones y de mantenimiento, de accesos, etc., habrá de ser remolcada y fondeada varios km. mar adentro frente a las costas de Venecia.

Se trata en conjunto de un prototipo con un alto grado de innovación tecnológica y de ejecución, para la construcción en dique seco de unas instalaciones de almacenamiento y de regasificación con capacidad para 250.000 m^3 de gas natural licuado (LNG), y con una potencia de procesamiento y suministro de más de 1,1 millones de m^3/hora.

Surge así una interesante opción que hace posible la instalación mar adentro ("off-shore") de este complejo industrial, y del arranque de la distribución del gas natural mediante una red de gasoductos con muy poco impacto sobre el territorio costero.

Palabras clave: Estructura Base Gravitacional (GBS), dique seco, almacenamiento, Gas Natural Licuado (LNG), sistema de calidad.

SUMMARY

Final civil work have been recently completed, at Algeciras Bay, for a large Gravity Based Structure (GBS), weighing in excess of 280,000 tons which, once equipped with regasification facilities, accommodation quaters for operation and maintenance personnel, accesses, etc, shall be towed and ballasted at a location several kilometres off the coast of Venice.

The entire assembly consists of a prototype, incorporating a high degree of technological innovation and advanced construction methods, to build, in a dry dock, storage and regasification facilities, with a capacity of 250,000 m^3 of liquefied natural gas (LNG), and a processing and supplying capacity in excess of 1.1 millions of m^3/hour.

This gives rise to an interesting proposition that allows us to install, off-shore, this industrial complex and start the distribution of natural gas, through a network of gas pipelines, with very little onshore impact.

Key word: *Gravity Based Structure (GBS), dry dock, storage facilities, Liquefied Natural Gas (LNG), quality system.*

[1] CMIOSH HSE - Acciona Infraestructuras, S.A.
[2] ICCP – Jefe del Servicio de Calidad y Medioamiente del Proyecto. Acciona Infraestructuras, S.A.
[3] ICCP – Gerente del Proyecto. Acciona Infraestructuras, S.A.

Persona de contacto / *Corresponding author:* fambrosio@acciona.es

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

1. OVERVIEW

The Qatari oil and gas company Ras Laffan Liquefied Natural Gas Company, participated by ExxonMobil, the Italian company Edison S.p.A. and Qatar´s Government, proposed at the beginning of 2000, the building of a large terminal, to receive and store liquefied natural gas, which once regasified, would be distributed to Italy's northern region. This terminal, due to different conditioning factors, particularly of an environmental nature, would have to be installed offshore, in the northern Adriatic Sea, near the Venetian coast.

Around that time, the Norwegian company Aker Kvaerner Contracting A.S. was asked to perform both the design for the "GBS" portion of said terminal (under a "joint venture" agreement with the Norwegian branch of the company Skanska A.S.) and for the industrial facilities, as well as for all the supporting ancillary infrastructures.

Subsequently, Aker Kvaerner awarded Acciona Infraestructuras S.A., after a tightly-contested bid, the construction of the civil work for the concrete based structure (GBS –Gravity Based Structure), the construction of the portion of the facilities, incorporated in-situ, and the erection of all the Project ancillary and support infrastructures, to be constructed in the CRINAVIS Harbour Precinct, located at Campamento-San Roque, Cádiz. Likewise, the contract awarded included the construction of the liquefied natural gas secondary containment and the internal isolation of the areas, housing the containment tanks themselves. The basic criteria applied for the selection of the above-mentioned location were: its strategic geographic location, at the entrance of the Mediterranean Sea, its good accessibility and weather conditions and the ample draught present in the Algeciras Bay, enabling the construction, in a dry dock, and its subsequent flotation, of an structure of the size of the GBS.

2. PROJECT. GENERAL APPROACH

The GBS could be likened to an artificial island, and/or to a dual-hull ship, as it will also sail during some phases of the project, or to a prism-shaped platform, constructed of specially fabricated concrete, designed for greatly-improve durability, in a hostile marine environment and solidly reinforced and postensioned, to meet two basic requirements during its final phase, positioning and anchoring offshore:

1. To serve as a liquefied natural gas storage and distribution tank, by means of two tanks located inside the concrete structure and the above-mentioned secondary containment or steam barrier, and constructed of 9% nickel alloy carbon steel, and a total capacity of 250,000 m^3. Periodic re-filling of said tanks shall be accomplished with gas tankers, with a capacity of up to 145,000 m^3, specially designed and constructed for this Project.

2. To provide structural support for the mechanical equipment required for the regasification process of the liquefied natural gas, with a regasification capacity of 1.1 million m^3/hour.

The GBS itself is 180 metres long, 88 metres wide and 47 metres high, to the top of the GBS concrete structure, and 80 metres high to the Top Sides structures, or industrial modules, excluding the flare boom or tower. It has been designed to withstand large structural loads, including erection stresses, as well as the loads transmitted by the

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La petrolera y gasista qatarí Ras Laffan Liquefied Natural Gas Company participada por ExxonMobily, la italiana Edison S.p.A.y el gobierno de Qatar, planteó a principios del 2000 construir una gran terminal para recibir y almacenar gas natural licuado para distribuirlo regasificado a la región del norte de Italia. Dicha terminal, por diferentes condicionantes, entre los que pesaron los medioambientales, habría de ser instalada mar adentro en el Adriático norte en las proximidades de la costa veneciana.

Por aquel entonces se encargó a la noruega Aker Kvaerner Contracting A.S. tanto el diseño de la parte del "GBS" (ello en UTE con la filial noruega de la Skanska a.S.) como de las instalaciones industriales y el de todas las infraestructuras de apoyo anexas.

Aker Kvaerner adjudicaría más tarde y luego de un apretado proceso de selección a Acciona Infraestructuras S.A. la ejecución de la obra civil de la estructura base de hormigón (GBS –Gravity Based Structure), la de la parte incorporada in-situ de la de instalaciones y de todas las de infraestructuras auxiliares y de apoyo al Proyecto, a ser construido en el Recinto Portuario CRINAVIS en la localidad de Campamento-San Roque, Cádiz. Asimismo, el contrato adjudicado incluía la construcción de las contenciones secundarias del gas natural licuado y las del aislamiento interior de los recintos que albergarán a los tanques contenedores del mismo. Los criterios básicos para la selección de la localización mencionada han sido la situación geográfica estratégica en la entrada del Mediterráneo, las buenas condiciones de accesibilidad y climáticas y el más que suficiente calado existente en la Bahía de Algeciras, lo que posibilita la construcción en dique seco y posterior flotación de una estructura de las dimensiones del GBS.

Tabla 1. Resumen de los pesos generales de la estructura
Table 1. Structure overall weight summary

GBS *GBS*	241.544	Toneladas *(Tons)*
Tanques *Tanks*	21.070	Toneladas *(Tons)*
Top Sides (Módulos Industriales) *Top Sides (Industrial Modules)*	18.315	Toneladas *(Tons)*
Peso total a flotar sin lastre *Total weight to be floated excluding ballast*	280.929	Toneladas *(Tons)*

2. PROYECTO. PLANTEAMIENTO GENERAL

El GBS se puede asociar a la idea de una isla artificial y/o de un buque de doble casco, dado que también navegará en alguna fase del Proyecto, o a una plataforma de forma prismática, fabricada con hormigón al que se han conferido características especiales, en particular

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Tabla 2. Desglose de los datos y unidades de Obra Civil más relevantes del GBS
Table 2. Breakdown of major Civil Work data and units in the GBS

Encofrado *Formwork*	m^2	215.000
Acero Pasivo BS 500 SD *Passive Rebars BS 500 SD*	t	27.000
Acero criogénico *Cryogenic steel*		2.000
Hormigón *Concrete*	m^3	90.000
Acero Activo (PTHorizontal) *Active Rebars (PTHorizontal)*	t	2.050
Acero Activo (PTVertical) *Active Rebars (PTVertical)*	t	2.050
Anclajes de Postesado *Postensioning Anchors*	Uds. *Units*	3.900

de mejora de su durabilidad en medio agresivo marino, fuertemente armado y postesado, y que cumple dos funciones básicas en su fase final, posicionado y lastrado frente a la costa:

1. Servir de depósito de almacenamiento y distribución del gas natural licuado mediante dos tanques interiores a la estructura de hormigón y a la mencionada contención secundaria o barrera de vapor, fabricados en acero al carbono con 9% de níquel, y con una capacidad total de 250.000 m^3. El reabastecimiento periódico de dichos tanques se hará mediante buques gaseros de hasta 145.000 m^3 de capacidad, encargados ex-profeso como parte de este Proyecto.

2. Proporcionar soporte estructural de las instalaciones industriales necesarias para el proceso de regasificación del gas natural licuado, con una potencia de regasificación de 1,1 millones de m^3/hora.

El GBS en sí mide 180 metros de largo, 88 metros de ancho y 47 metros de alto hasta la coronación de la estructura de hormigón, y 80 m. de altura hasta las estructuras de los Top Sides, o módulos industriales, sin incluir la antorcha o torre de venteo. Está diseñado para soportar importantes cargas estructurales que incluyen las propias de construcción, las de apoyo de los diversos módulos industriales y de alojamiento, y fundamentalmente la necesidad de flotación de un peso propio superior a las 280.000 toneladas (ver Tabla 1). En servicio se consideran fenómenos climatológicos y ambientales adversos, esencialmente cargas de viento, oleaje y sísmicas, por encontrarse en una zona sensible del Adriático norte, además de las derivadas de las operaciones marítimas a su alrededor (posible impacto de buques), y de las del transporte remolcado desde las Bahía de Algeciras hasta las costas venecianas.

Ello junto con los lastres necesarios, convierten a esta estructura prototipo según los datos que maneja la ingeniería del proyecto, en la más pesada flotada hasta la fecha desde un dique seco (ver Tablas 1 y 2 de resumen de unidades y pesos principales del GBS).

En el hormigón del GBS se encuentran embebidos un gran número de elementos, placas, tuberías, conducciones de todo tipo, que forman parte de un complejo entramado mecánico, eléctrico e instrumental que discurre por el interior de los compartimentos de los que consta la estructura.

Estos sistemas servirán para muy diversos usos, que van desde sistemas electromecánicos de ayuda a la flotación y navegabilidad,, los propios del sistema de interconexión entre tanques y Terminal, los propios del complejo industrial de regasificación, y hasta el abastecimiento de servicios básicos como el agua potable para el personal que en un futuro operará la plataforma.

Como cifras generales que dan idea de la magnitud del proyecto, y de la complejidad del control en el montaje cumpliendo con las muy estrictas tolerancias durante los procesos de deslizado de los embebidos en el hormigón,

different items of equipment and accommodation modules and, primarily, the thrust needed to float its own weight, in excess of 280,000 tons (see table 1). During service, the following loads have been taken into account: adverse weather and environmental phenomena, mainly, wind, surge and seismic loads, on account of being located in a sensitive area of the northern Adriatic Sea, in addition to the loads transmitted by the sea operations carried in its vicinity (possible ship collisions) and transportation stresses, while being towed from the Bay of Algeciras to the Venetian shores.

All these loads, plus the required ballast, turn this prototype structure into the heaviest structure ever floated, from a dry dock, according to the data handled by project engineering (see tables 1 and 2 summarising the main units and weights of the GBS).

A large number of items have been embedded into the GBS concrete structure, namely: plates, pipes and all sorts of ducts, that are an integral part of a complex mechanical, electrical and industrial complex, running inside the compartments that make up the structure.

These systems shall serve very different purposes, ranging from electromechanical systems, to aid with floatation and navigability operations, those belonging to the interconnection system, between tanks and Terminal, those belonging to the regasification industrial complex and even the supply of basic services, such as drinking water for the staff who will operate the platform in the future.

By way of overall data that give us an idea of the magnitude of the project and of the complexity of the erection control operations, while meeting the strictest of tolerances, during the embeds placing processes into the concrete, we can say that provision has been made for over 60,000 special steel plates for anchoring to the structure, some of them weighing in excess of 1,00 t, for over 1 Km. of titanium pipes, for 28 Km. of carbon steel pipes and for 1.3 Km. of polyethylene pipes, in addition to bushings and drain and ballasting systems. Table 3 shows overall data for the main mechanical systems:

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Tabla 3. Resumen de las Instalaciones Mecánicas del GBS
Table 3. GBS mechanical systems summary

Acero Estructural *Structural steel*	t	3.500
Tuberías *Pipes*	Kg	115.000
Instalaciones Eléctricas *Electrical systems*	m	10.000
Instrumental y Comunicaciones *Instruments and Communications*	m	2.000
Protección contra la corrosión *Corrosion protection*	m^2	14.000
Tuberías de calefacción y soportes *Heating pipes and it´s supports*	kg	320.000
Barrera de vapor y soportación *Vapour barrier and it´s supports*	t	3.240

Design criteria based upon "MetOcean" data and parameters for storm surge and wind loads:

Venice's LNG Terminal shall be affected by the weather conditions found in the northern Adriatic, well known by its quick climate changes: The "Bora" and "Sirocco" winds are the prevailing winds.

Bora's main characteristic is that, sometimes, it "blows" between mountains, thereby increasing its speed in a dramatic fashion, brewing storms and reaching speeds of up to 55 to 70 knots, in a couple of hours. These phenomena usually lasts from 12 hours to 2 days. The "Sirocco" wind rises in the south, as a continental tropical wind, increasing the Mediterranean Sea humidity levels and whipping up winds lasting from 1 to 3 days.

"MetOcean" extreme criteria for the LNG Terminal design are based upon the availability of wind and surge gauging feedback analysis in the northern Adriatic, which includes 20 years of continuous data collection and 34 storms, covering a period of 36 years. Extreme MetOcean "omnidirectional and directional" criteria have been developed for 1, 5, 10, 20 and 100 year periods. The feedback analysis has been gauged by taking readings in locations near the site where the LNG Terminal is expected to be located.

Geotechnical design criteria:

They are based upon the ground surveys performed at the GBS site, as well as upon conventional and advanced tests performed in laboratories, on samples taken in said surveys, as well as from an interpretation of the results.

Seismic design criteria:

The overall region, where the LNG terminal will be located, has a moderate earthquake frequency rate. The design is based upon a probabilistic seismic hazard assessment (PSHA) performed on site. An earthquake catalogue has been developed, on the basis of the Italian catalogues already available, complemented with international catalogues and historic records of earthquakes in the area. To define the seismotectonic provinces, use has been made of a study on the local tecnotic and geological characteristics. The seismic parameters of the seismotectonic provinces have been determined on the basis of a statistic assessment of the earthquake catalogue. Similarly, assessments have been performed on the ground movement attenuation methods, using correlations governing the seismictectonic environment. Subsequently, a PSHA integration has been used to determine a uniform spectrum of hazards applicable to the conditions of a consistent ground.

This philosophy has been applied to the LNG project, by adopting a two third design approach, in accordance with National Fire Protection Standard 59A – Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas) and consisting of:

podemos relatar que se han colocado más de 60.000 placas de acero especial para fijaciones a la estructura con pesos de hasta 1,00 t algunas de ellas, más de 1 Km de tuberías de titanio, 28 Km de tuberías de acero al carbono y 1,3 Km de tubería de polietileno, además de pasamuros y sistemas de drenaje y lastrado. La Tabla 3 refleja las cifras generales de todos los sistemas principales mecánicos,

Criterios de diseño basados en datos y parámetos de "MetOcean" para cargas de viento y oleaje:

La Terminal de GNL de Venecia se encontrará bajo la influencia climática del Adriático del Norte, conocida por la rápida mutación de las condiciones climáticas. Los vientos más destacables son el "Bora" y el "Siroco".

La principal característica del "Bora" es que en ocasiones "fluye" por entre las montañas aumentando de velocidad de forma drástica, formando borrascas y alcanzando velocidades de 55 a 70 nudos en un par de horas, fenómeno que normalmente suele durar entre medio día y 2 días. El "Siroco" emerge del sur como aire continental tropical que eleva la humedad del Mediterráneo y genera vientos que duran de 1 a 3 días.

Los criterios extremos de "MetOcean" para el diseño de la Terminal de GNL se basan en la existencia de retro-análisis de calibrado de viento y de oleaje del Adriático Norte, que incluye 20 años continuos de toma de datos y 34 tormentas que abarcan un periodo de 36 años. Se han desarrollado criterios extremos MetOcean "onmidireccionales y direccionales" para periodos de 1, 5, 10, 20 y 100 años. Los retro-análisis se han calibrado tomando medidas en lugares cercanos al emplazamiento en el que se pretende situar la terminal de GNL.

Criterios geotécnicos de diseño:

Se basan en las investigaciones del suelo realizadas en el emplazamiento del GBS, así como en ensayos convencionales y avanzados en laboratorio realizados sobre las muestras recuperadas en dicha investigación, además de en una interpretación de los resultados.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Criterios sísmicos de diseño

La región general en la que se encuentra la terminal de GNL presenta una frecuencia moderada de seísmos. El diseño se basa en un estudio de evaluación de las probabilidades sísmicas (PSHA, según sus siglas en inglés) realizado en el emplazamiento. Se ha desarrollado un catálogo de terremotos teniendo en cuenta los italianos ya existentes, complementados con catálogos mundiales y registros históricos de los seísmos de la zona. Para definir las provincias sismotectónicas se ha empleado un estudio de las características tectónicas y geológicas locales. Los parámetros sísmicos de las provincias sismotectónicas se han determinado mediante el análisis estadístico del catálogo de terremotos. Así mismo, se ha realizado un examen de los métodos de atenuación del movimiento del terreno mediante correlaciones aplicables al entorno sismotectónico. Posteriormente, la integración PSHA se ha empleado para determinar un espectro uniforme de peligros aplicables a las condiciones de un terreno consistente.

Esta filosofía es la que se ha aplicado en el Proyecto de GNL adoptando una aproximación de diseño de dos tercios, en consonancia con la Norma 59A de Protección anti-incendios, normativa sobre la producción, almacenamiento y uso del Gas Natural Licuado (National Fire Protection Standard 59A – Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas) y que consta de:

– Terremoto de/en situación de Operación Normal (Operating basis earthquake, OBE) con un periodo de retorno/respuesta de 475 años

– Terremoto Base de Diseño (Safety Shutdown Earthquake, SSE) con un periodo de retorno/ respuesta de 5.000 años

3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONTITUYEN EL GBS

El GBS se estructura mediante grandes celdas cerradas por muros de espesor variable entre 60 y 45 cm, divididas a su vez en dos niveles a través de una losa intermedia de 70 cm de canto y rematada en cubierta por otra losa de 60 cm. La altura total en coronación es de cuarenta y siete metros. Esta retícula se ejecuta por secuencias que abarcan los 90 metros de anchura del GBS, y una longitud variable según la secuencia, que va desde 12 m en las más cortas a 38 m en las más largas en la fase de muros de sótano y entre 12,35 m y 53 m en los muros superiores o del tanque. Todos los muros se deslizan simultánea y coordinadamente, corrigiendo las desviaciones motivadas por diversos factores, como rozamientos, cargas fijas y temporales repartidas en cada celda que se detectan mediante un sofisticado y amplio sistema de referencias topográficas y varios láser colocados estratégicamente.

La parte inferior o de muros de sótano (“Cellar Walls”), parte de la cota 0 hasta la 12,90 m. Está dividida en compartimentos para diversos usos, como son el lastrado para controlar la flotación, recintos para depósitos e instalaciones mecánicas y de lastre final, más pesado, una vez se fondee la estructura en el Adriático en su posición final. El tanto por ciento en la dosificación en el hormigón de humo de sílice como adición para mejora de las características de impermeabilidad/durabilidad en esta zona es algo inferior al quedar permanentemente sumergida. Este porcentaje se aumenta a partir de la cota 22.00 (zona de salpicadura y carrera de mareas) ya en los muros superiores.

La parte superior o “Upper Walls”, va de la cota 12,90 m. hasta la 47,00 según pendientes en losa de coronación, y es la destinada a albergar los tanques de “Gas Natural Licuado”, dejando un hueco en dos vanos de aproximadamente 57 metros de ancho por 158,5 m. de largo. Los tanques están bordeados por unas celdas perimetrales, y un muro central que los separa. Se generan de esta forma dos grandes huecos para cada tanque de más de 150.000 m^3 cada uno, y pequeños compartimentos o celdas en todo el perímetro, en las que se acomodan las instalaciones de apoyo a los tanques, sirviendo otras zonas como celdas de lastre para la flotación y navegación.

El cierre de los dos grandes vanos entre los flancos de los tanques y el muro central que separa ambos, se ha salvado mediante la instalación de 40 vi-

– *Operating basis earthquake (OBE), with a return/response period of 475 years*

– *Safety Shutdown Earthquake (SSE), with a return/response period of 5,000 years*

3. STRUCTURAL COMPONENTS INCLUDED IN THE GBS

The GBS is structured into large cells, enclosed by walls of variable thickness, ranging from 60 to 45 cm., which, in turn, are divided into two levels, by means of a mezzanine slab, 70 cm deep and crowned at the top by another 60 cm slab. The total height at the top is forty-seven metres. This network is performed in sequences, covering the 90 metres wide GBS, and a variable length according to the sequence, ranging from 12 m. the shortest ones and 38 m. the longest ones, in the cellar walls and between 12.35 m. and 53 m. on the upper walls or tank walls. All walls slide in a simultaneous and co-ordinated fashion and correct the deviations caused by several factors, such as friction, static and permanent loads distributed over each cell.... which are detected thanks to a sophisticated and comprehensive system of topographic references and several strategically located laser equipment.

The lower section or “cellar walls”, starts at elevation 0 and goes up to elevation 12.90 m. It is divided into compartments, serving several purposes, such as floatation control ballasting, containers for tanks and equipment and heavier final ballasting, once the structure has been sunk in the Adriatic Sea in its final position. The percentage of silica fume in the concrete mix, added to enhance the imperviousness/durability characteristics in this area is slightly smaller than, on account of being permanently under water. This percentage increases from elevation 22.00 (splashing and tide racing area) already on the upper walls area.

The top section or “upper walls”, runs from elevation 12.90 m. up to elevation 47.00 m., depending on the top slab slopes, and has been designed to house the “Liquefied Natural Gas” tanks, leaving a two-span void, measuring, approximately, 57 metres wide and 158.5 m. long. The tanks are surround-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

ed by perimeter cells and by a central wall, which separates them. Two big openings are thus generated for each tank, each with a capacity in excess of 150,000 m³, and small compartments or cells along the entire perimeter, where the tank supporting facilities are housed, with other areas acting as ballast cells for floatation and navigation purposes.

The closing of the two big voids, between the tank sides and the central wall that separates them, has been bridged by means of 40 main girders, postensioned in two stages, each with an average weight of 220 t.

Said girders contain the main ribs that transmit the loads, imposed by the top slab, where all the required modules for the regasification of the Liquefied Natural Gas will be housed and weighing, approximately, 18,000 t. each. The span bridged by the girders measures thirty-five metres. Said girders have been fabricated in a yard set up on site specially for that purpose. Prior to the lifting of the girders, provision was made in the yard for the insulation system or vapour barrier, which in the case of the girders takes the form of a continuous plate coating, with a total thickness of 3mm. From the yard, the girders were taken, one at a time, by means of tele-controlled trolleys, to the inside of the tanks, where the lifting crane was waiting. Said crane has been designed to very tight tolerances, since its weight, plus that of the girders, has to be carried by the tank slab.

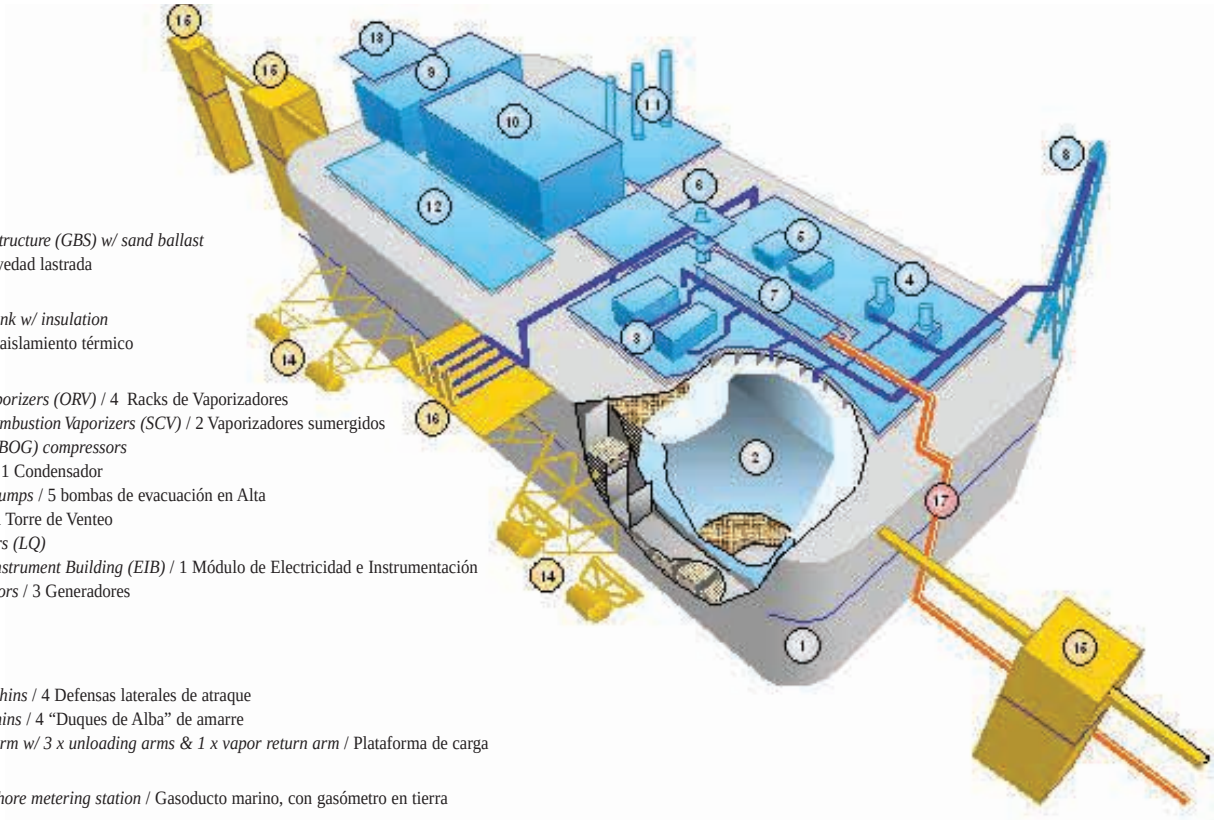
The process ended with the complex girder lifting operation, which was strongly influenced by the wind blowing in the area and by strict safety standards. Prior to each operation, all temporary support structures documentation, quality records and tests had to be reviewed and accepted. The girders were allowed to rest temporarily on steel brackets, welded to plates embedded into the walls. Once supported, they were reinforced and concrete was poured in the knots of the joints between the structure of the walls and the slab. Each girder head was joined by means of connections, in the form of couplers or connectors, so that, finally, the postensioning system provided continuity, with each pair of girders constituting a single element, tied to the rest of the structure.

The spans between main girders were bridged by means of a mesh of

gas principales postesadas en 2 etapas, con un peso medio de 220 t. cada una.

Dichas vigas son los nervios principales que transmiten las cargas que impone la losa superior donde se ubicarán todos los módulos necesarios para la regasificación del gas natural licuado y que cuentan con un peso aproximado de 18.000 t. La luz que han de salvar las vigas es de treinta y cinco metros. Las vigas se han prefabricado en un parque creado ex-profeso en Obra en el que se instalaba, de forma previa a su elevación, el sistema de aislamiento o barrera de vapor que en las vigas se materializa en un forro de chapa de 3mm total y continuo. Desde el parque se trasladaban una a una al interior de los tanques sobre carretones teledirigidos, donde esperaba la grúa de izado, dimensionada con unos márgenes muy estrictos dado que su peso más el de la viga ha de ser soportado por la losa del tanque.

El proceso culminaba con la compleja maniobra de izado de las vigas muy condicionada por el viento reinante en la zona, y por las estrictas medidas de seguridad. De forma previa a cada maniobra se ha requerido la revisión



GBS System
1: *1 x Gravity Based Structure (GBS) w/ sand ballast*
1 Estructura de gravedad lastrada

LNG Tank System
2: *2 x LNG Storage Tank w/ insulation*
Tanques GNL, inc. aislamiento térmico

Topside Facilities
3: *4 x Open Rack Vaporizers (ORV)* / 4 Racks de Vaporizadores
4: *2 x Submerged Combustion Vaporizers (SCV)* / 2 Vaporizadores sumergidos
5: *2 x Boil-Off-Gas (BOG) compressors*
6: *1 x Recondenser* / 1 Condensador
7: *5 x HP send-out pumps* / 5 bombas de evacuación en Alta
8: *1 x Flare tower* / 1 Torre de Venteo
9: *1 x Living Quarters (LQ)*
10: *1 x Electric and Instrument Building (EIB)* / 1 Módulo de Electricidad e Instrumentación
11: *3 x Power generators* / 3 Generadores
12: *1 x Utility Module*
13: 1 *x Helideck*

Marine Systems
14: *4 x Breasting dolphins* / 4 Defensas laterales de atraque
15: *4 x Mooring dolphins* / 4 "Duques de Alba" de amarre
16: *1 x Loading platform w/ 3 x unloading arms & 1 x vapor return arm* / Plataforma de carga

Pipeline System
17: *1 x Pipeline w/onshore metering station* / Gasoducto marino, con gasómetro en tierra

Figura 1. Esquema general de la Terminal y sus módulos e instalaciones de regasificación.
Figure 1. Terminal general arrangement drawing, showing its modules and regasification facilities.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

y aceptación de toda la documentación y registros de calidad y ensayos de las estructuras de soporte temporal. Las vigas descansabann temporalmente sobre unas ménsulas de acero que se sueldan a placas embebidas en los muros. Una vez apoyadas se armaban, y hormigonaban los nudos de las uniones con la estructura de los muros y losa. Cada cabeza de viga se conectaba mediante empalmes con "couplers" o aclopadores para que finalmente el sistema de postensado les dieseé continuidad conformando cada pareja de vigas un elemento único atado al resto de la estructura.

Los vanos entre las vigas principales se salvaron mediante una retícula de perfiles prefabricados en los talleres situados a tal efecto en Obra conformando mesas a las que se soldaban previamente a su izado las chapas del aislamiento de los tanques y todos los embebidos para la conexión tanque-módulos. Una vez en posición se soldaban asimismo las juntas de expansión entre vigas. A continuación se ensayaron el 100% de las soldaduras y se llevó a cabo una prueba de estanqueidad, previa la colocación de la armadura y la segunda fase de embebidos y el hormigonado final de la losa.

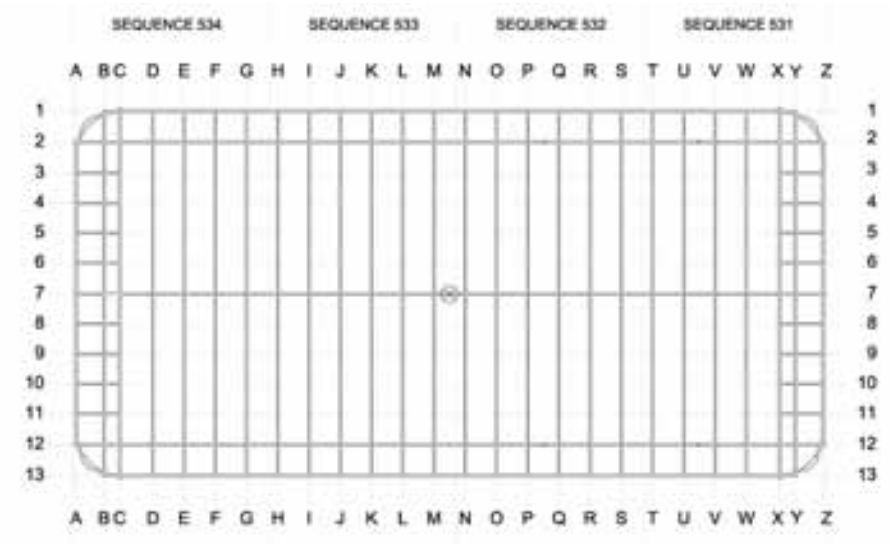


Figura 2. Sección horizontal de la estructura hasta lacota +13.00 desde nivel de dique seco. Celdas doble casco con muros exteriores de 0,6m. de espesor. Muros medianeros de 0,45m.
Figure 2. Horizontal cross section up to elevation +13.00, from dry dock level. Dual-hull cells with 0.6 m. thick outside walls.
0.45 m thick party walls.

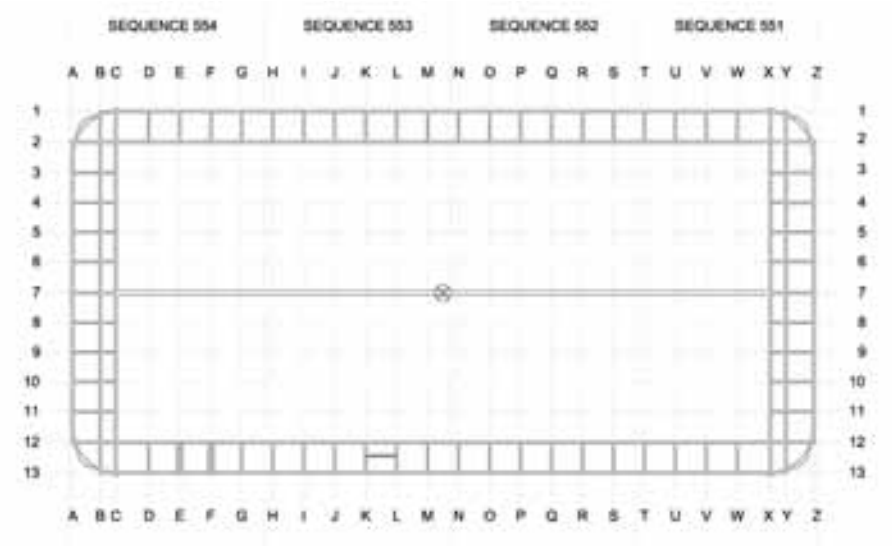


Figura 3. Sección horizontal de la estructura hasta la cota +46.50 desde nivel de dique seco. Doble casco alrededor de los tanques de LNG. Muros exteriores de hormigón armado y postesado de 0,6m de espesor.
Figure 3. Horizontal cross section of the structure up to elevation +46.50, from dry dock level. Dual-hull around LNG tanks. 0.6 m thick, outside walls, constructed of reinforced and postensioned concrete.

4. MATERIALES CONSTITUYENTES DE LA ESTRUCTURA. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES, DISEÑO Y PARTICULARIDADES

4.1. Hormigones

Se trata sin duda del producto estrella de los empleados en el GBS, y casi todo gira en torno al mismo. Para el diseño de una estructura tecnológica tan compleja no ha habido que crear un nuevo y complejo material de base en un laboratorio del siglo XXI.

Veremos eso sí, cómo un material bien conocido que ya utilizaban los romanos hace más de 2.000 años, mediante un minucioso programa de desarrollo de la mezcla a emplear, con una adecuada selección de materiales y un extenso programa de ensayos previos, puede convertirse en la solución a tan complejos y diversos planteamientos.

El hormigón empleado ha sido objeto de prolongados estudios en los que se ha tenido en cuenta una gran multitud de parámetros y características definidas por el Cliente con el objeto de construir un buque, a la vez depósito criogénico y terminal gasera ubicado en su fase final en una zona sísmica sensible, y en la que habrán de trabajar y habitar personas en condiciones de total seguridad, y con unos requisitos de durabilidad para la estructura muy exigentes que incluyen la ausencia total de corro-

profiles, prefabricated in the workshops set up on site for the purpose, forming tables, to which the tank insulation plates, and all the embeds for the tank-module connections, were welded, before being lifted. Once in position, the expansion joints between girders were also welded. This was followed by an examination of all the welds and performance of tightness tests, after installing reinforcement and the second embedding phase and the final concreting of the slab.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

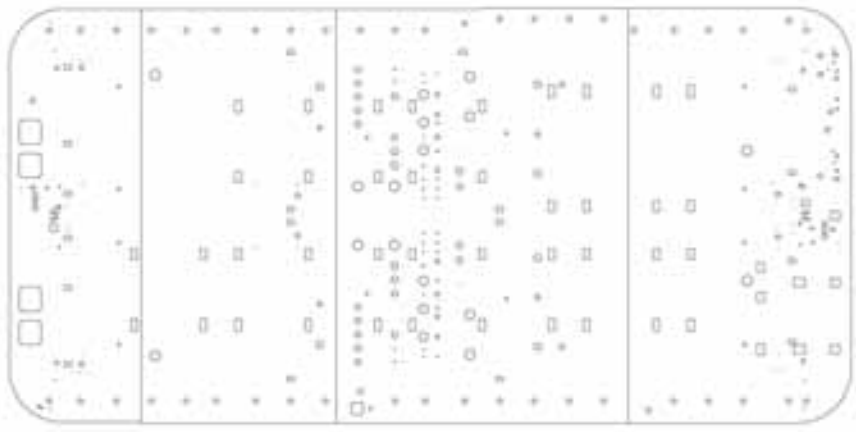


Figura 4. Planta de la estructura con situación general de embebidos, pasatubos y bocas de acceso en la losa superior.
Figure 4. Plan view of the structure showing a general arrangement of the embedded items, bushings and access manholes in the top slab.

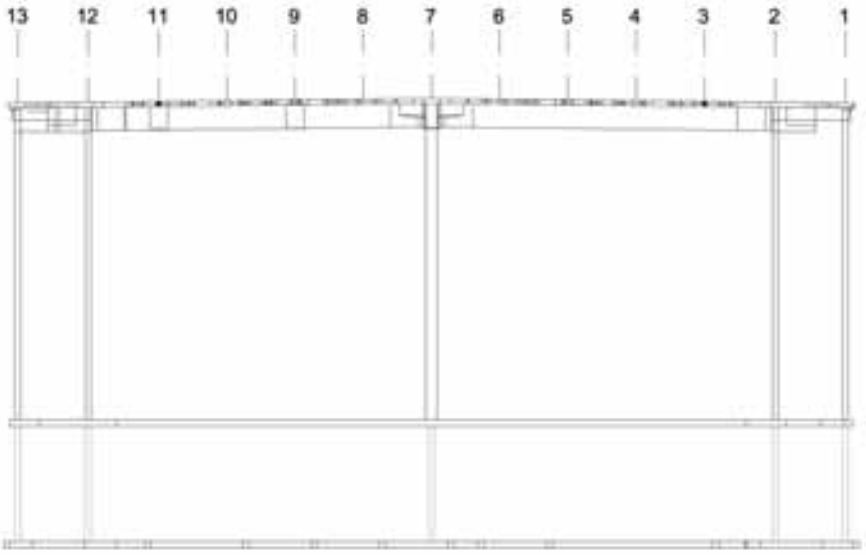


Figura 5. Sección vertical transversal mostrando compartimentos centrales para alojar 2 tanques de LNG de 125.000m3 de capacidad c.v. y muros de doble casco.
Figure 5. Vertical cross section, showing middle compartments, with two LNG tanks inside, with a c.v. capacity of 25,000m3 and dual-hull walls.

sión en la armadura principal de la estructura durante los 25 primeros años de vida útil.

El método constructivo empleado, mediante encofrados deslizantes que ha sido récord de superficie deslizada simultáneamente en Europa, planteaba también muchos condicionantes para la mezcla. Por citar algunos, su trabajabilidad, capacidad de bombeo a gran altura o a grandes distancias, temperatura máxima de puesta en obra y de fraguado y un control estricto de los tiempos del mismo que no comprometiesen los rendimientos y permitiesen variaciones en la velocidad de deslizado. Todo ello era crítico, por ejemplo, para poder acomodar la velocidad de vertido y acenso al ritmo de colocación de embebidos o solapes en zonas especialmente reforzadas, para reaccionar ante las cambiantes condiciones climatológicas en la zona.

De la complejidad de dar cumplimiento a todos estos requisitos propios de un proyecto "off-shore" diseñado por una ingeniería noruega, para un cliente italiano y norteamericano, construido en España, da idea el extracto de normativa de referencia y obligado cumplimiento que se recoge en las especificaciones del mismo y que se detalla a continuación:

4.2. Referencias normativas y especificaciones de proyecto para el hormigón.

A continuación listamos las normas y especificaciones a las que se ha exigido

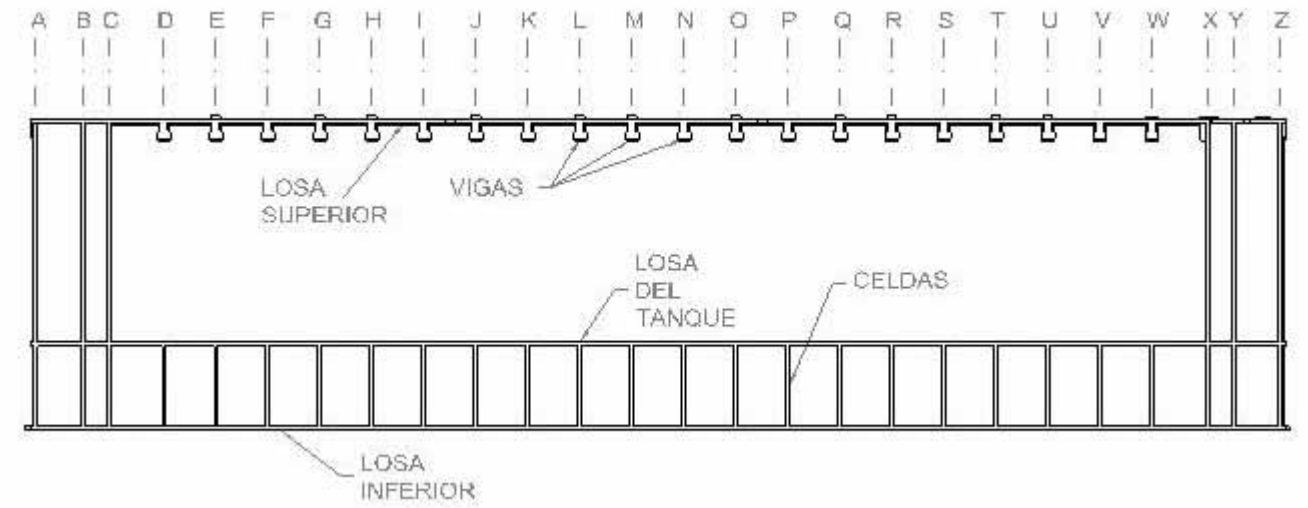


Figura 6. Sección vertical longitudinal
Figure 6. Longitudinal vertical cross section.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

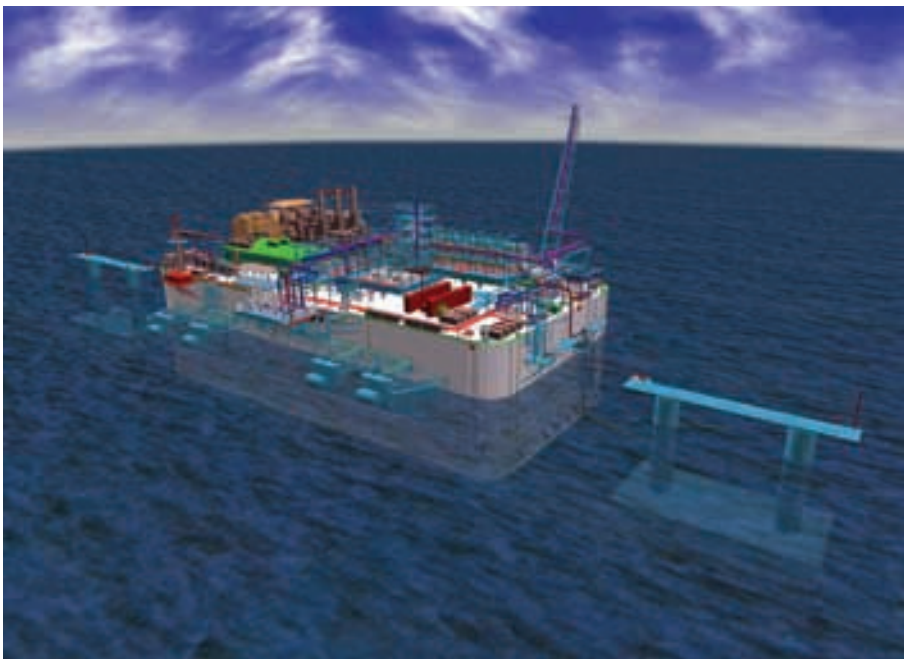


Figura 7. Idealización de la Terminal en destino.
Figure 7. Terminal idealisation at destination.

estricto cumplimiento en la producción de hormigones. Hemos de destacar que entre ellas se encuentran normas europeas y sus anexos de diferentes nacionalidades, italianas, noruegas, españolas y también americanas. Ello ha supuesto un esfuerzo de estudio, unificación de criterios, síntesis y en numerosos casos interpretación, no exento de dificultades y desencuentros que felizmente y, con la ayuda de todas las partes, se han resuelto satisfactoriamente.

• UNI ENV 13670-1 Ejecución de estructuras de hormigón.

• EN 206-1 Hormigón. Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad. Incluye el anexo nacional italiano

• prEN 1992-1-1 Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificación.

• CEN EN 288 "Especificación y aprobación de los procedimientos de soldadura de materiales metálicos"

• CEN EN-ISO 15620, "Soldeo. Soldeo por fricción de materiales metálicos. (ISO 15620:2000)."

• CEN EN 287-1 "Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros."

• CEN EN 719 "Coordinación del soldeo. Tareas y responsabilidades"

• CEN prEN 10080 "Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Parte 1 – 6"

• CEN prEN 1992-1-1 "Eurocódigo 2: proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: reglas generales y reglas para edificación. (Incluye el Erratum AC: 1992). (Versión oficial ENV 1992-1-1:1991)."

• CEN EN 1008 " Agua de amasado para hormigón. Especificaciones para la toma de muestras, los ensayos y la evaluación de aptitud al uso del agua, incluyendo las aguas recuperadas de procesos en la industria del hormigón, como agua de amasado para hormigón."

• CEN EN 12390-3 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas."

• CEN EN 12620 "Áridos para hormigón."

• ISO 6934 "Acero para el postesado del hormigón"

• NS 3473 "Estructuras de hormigón – Leyes de diseño"

• NS 3576-3 "Acero para el refuerzo del hormigón – Dimensiones y propiedades – Parte 3: barras corrugadas B500C"

• "Instrucción Española de Hormigón Estructural" (EHE) (descarga

4. STRUCTURE CONSTITUENT MATERIALS. STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND PARTICULARITIES

4.1. Concrete

This is, undoubtedly, the crown jewel of the materials used in the GBS, and almost every thing hinges around it. To design such a technologically complex structure as this, it has not been necessary to develop a new and complex base material, in a XXI century laboratory.

We shall, indeed, see, how a well-known material, already used by the Romans more than 2000 years ago, can provide, after a thorough developing programme of the mix to be employed, a proper selection of the materials and a comprehensive programme of initial tests, a solution for such complex and diverse structures.

The concrete used on the project has been subjected to prolong tests, in which consideration has been given to a great deal of parameters and characteristics, defined by Client, in order to build a vessel, serving both as a cryogenic tank and gas terminal, ultimately located in an earthquake-prone area, and where people will work and live under strict safety conditions. In addition, the structure shall meet very stringent durability requirements, such as the total absence of corrosion in the main reinforcement, during the first 25 years of effective life.

The construction method used (slipform), which set an European record for the area of formwork simultaneously slipped, also meant that many mix conditioning factors had to be overcome. To name just a few: its workability, its pumping capability over long distances and up to high elevations, maximum site placing and curing temperature and a strict control of curing times, so as not to compromise performance and allow for slipping speed variations. All these items were crucial in order for us to accommodate, for instance, the pouring and lifting speed, to the rate of installation of embeds or overlaps, in specially reinforced areas, in order to be able to react to the changing weather conditions in the area.

Of the degree of complexity that comes from having to meet all these re-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

quirements, inherent to an off-shore project, designed for a Norwegian engineering company, for an Italian and American client and built in Spain, gives some idea the benchmark standard extract that has to be complied with and included in the project specifications and detailed below:

4.2. Benchmark references and project specifications for concrete

Below, please find a list of the standards and specifications that had to be, compulsorily and strictly, complied with in concrete fabrication. Please note, that the list below includes European standards and their attachments of different nationalities: Italian, Norwegian, Spanish and also American. This has represented a considerable effort to review, unify criteria, synthesise and, in numerous cases, interpret texts, not always free from difficulties and inconsistencies which, fortunately and with the co-operation of the parties involved, have been satisfactorily resolved.

• *UNI ENV 13670-1 Execution of concrete structures ("Ejecución de estructuras de hormigón").*

• *EN 206-1 Concrete. Part 1: Specifications, performance, production and compliance. ("Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad"). It includes the Italian Attachment.*

• *prEN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1.1. General Rules and building rules. ("Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1. Reglas generales y reglas para edificación").*

• *CEN EN 288 "Specification and approval of welding procedures for metallic materials" ("Especificación y aprobación de los procedimientos de soldadura de materiales metálicos").*

• *CEN EN-ISO 15620, "Welding. Welding by friction of metallic materials. ("Soldeo. Soldeo por fricción de materiales metálicos"). (ISO 15620: 2000)."*

• *CEN EN 287-1 "Welder qualification. Fusion welding. Part 1. Steel." ("Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.")*

• *CEN EN 719 "Welding co-ordination. Tasks and responsibilities" ("Coordinación del soldeo. Tareas y responsabilidades")*

• *CEN prEN 10080 "Reinforcing steel for concrete. Weldable steel for concrete reinforcement. Part 1 – 6" ("Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Parte 1 – 6").*

• *CEN prEN 1992-1-1 "Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: general rules and building rules. (it includes Erratum AC:1992). (Official version ENV 1992-1-1:1991)" Eurocódigo 2: proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: reglas generales y reglas para edificación. (Incluye el Erratum AC:1992). (Versión oficial ENV 1992-1-1:1991)."*

• *CEN EN 1008 " Water for the mixing of concrete. Specifications on the taking of samples, tests and assessment on the water usage capability, including the water recovered from processes in the concrete industry, as water for the mixing of concrete." ("Agua de amasado para hormigón. Especificaciones para la toma de muestras, los ensayos y la evaluación de aptitud al uso del agua, incluyendo las aguas recuperadas de procesos en la industria del hormigón, como agua de amasado para hormigón.")*

• *CEN EN 12390-3 " Tests on hardened concrete. Part 3: Determination of test specimen compression strength". ("Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.")*

• *CEN EN 12620 "Aggregates for concrete" ("Áridos para hormigón.").*

• *ISO 6934 "Steel for concrete postensioning" ("Acero para el postesado del hormigón").*

• *NS 3473 "Concrete structures – Design rules" ("Estructuras de hormigón – Leyes de diseño").*

• *NS 3576-3 "Reinforcing steel for concrete – Dimensions and properties – Part 3: corrugated bars B500C" ("Acero para el refuerzo del hormigón – Dimensiones y propiedades – Parte 3: barras corrugadas B500C").*

• *"Spanish Specification for Structural Concrete" (EHE) (download* http://www.mfom.es/cph/norma_ehe.html)

• UNI EN 932-3 "Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada."

• UNI 8981-8 "Durabilidad de las obras y de los elementos prefabricados del hormigón – Instrucciones para prevenir la reacción álcali-sílice"

• UNI 8520-22 "Áridos para preparados del hormigón. Determinaciones de la reactividad potencial del árido en presencia de alcalis"

• Directrices para la Aprobación Técnica Europea de los equipos de postesado de estructuras - ETAG 013 (descarga http://www.eota.be)

• CEN WS-09 "Requerimientos para la instalación de los equipos para el postesado de estructuras y cualificación de la empresa especialista y su personal"

• ACI 305R-99 "Hormigonado en tiempo caluroso"

• ASTM C330 "Especificación estándar para áridos ligeros para hormigón estructural"

• BS 4449:1997 Barras de acero al carbono para el refuerzo del hormigón

• BS 7777-3:1993 Tanques cilíndricos verticales de fondo plano para almacenamiento a baja temperatura

• DM 96: Decreto Ministerial del Ministerio de Trabajo de 9 de Enero de 1996.

Partiendo de este amplio marco normativo de referencia, ha habido que llevar a cabo un programa de más de tres años de duración que se inició con el propio diseño teórico de la mezcla, y en el cual han intervenido prestigiosas Ingenierías como IBERINSA junto a la misma Aker Kvaerner / Skanska. En la realización de los ensayos han colaborado además la Universidad Politécnica de Madrid a través de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, SINTEF, reconocido laboratorio noruego ligado a la Universidad de Trondheim, y el instituto español INTEMAC.

La primera fase del diseño de mezcla supuso el ensayo de distintas combina-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

ciones de materiales de base constituyentes (áridos, cemento, aditivos y adiciones) bajo diversos supuestos de dosificación. Se trataba de obtener una combinación de parámetros, que aún pudiendo parecer antagónicos en muchos aspectos, debían mantener un equilibrio razonable y reunir unos valores mínimos en función de las propiedades que se deseaban conseguir con la mezcla. El hormigón debía como primer paso ceñirse a las características enumeradas en la Tabla 4.

Tras los resultados de la primera fase de ensayos, Acciona Infraestructuras S.A., de acuerdo con el Cliente, se decantó por el cemento fabricado por la firma HOLCIM en su planta de Carboneras, único proveedor que, haciendo viable el suministro de importantes cantidades en fechas muy concretas y por vía marítima hasta el Puerto de Algeciras, podía aportar además una modificación en el polvo calizo adicionado que ajustaba los parámetros de alcalinidad a los deseados por el proyectista.

Para el árido, finalmente se optó por una tipología granítica (monzogranito), con una nula reactividad álcali-sílice según los ensayos específicos llevados a cabo en España e Italia. Con este fin Acciona Infraestructuras S.A. adquirió y explota la cantera de Bellavista, en Gerena, Sevilla. Se cuidó asimismo al máximo la elección de la arena, clasificada como siliclástica (cuarzo en un 99%) y transportada desde Huelva. Como dato anecdótico y representativo de la meticulosidad en la selección de los materiales, durante un tiempo se barajó incluso la posibilidad de traer todos los áridos desde Escocia, dado que existían dudas sobre la viabilidad de la productividad en la explotación de la cantera de Gerena hasta el momento de la adquisición por ACCIONA de la misma.

Con la mezcla de tan selectos ingredientes se trataba de garantizar una elevada compacidad que se tradujese en un hormigón de muy baja permeabilidad, o dicho de otro modo, ciertamente resistente al ataque de los cloruros. A la vez era necesaria una densidad muy controlada y más bien baja puesto que se trataba de construir una estructura flotante con condiciones de contorno dadas por la dársena de Algeciras que impedían exceder calados excesivos.

En una segunda fase de ensayos, relacionada fundamentalmente con la durabilidad de la estructura, se procedió a la realización de ensayos de difusión de cloruros y posteriormente, y ya en la fase de ejecución, de conductividad y resistividad del hormigón. Lo poco habitual aún de tales métodos de ensayo (tan

Tabla 4. Especificaciones de diseño del Hormigón del Adriatic LNG GBSA
Table 4. Concrete Design Specifications for the Adriatic LNG GBS

Denominación de acuerdo a UNI-EN-206-1 *Denomination as per UNI-EN-206-1*		C 45/55	Notas/Tolerancias de Proyecto *Notes/Design Tolerances*
Densidad *Density*	Kg/m^3	2390	+20/-30 kg/m^3
Módulo de Elasticidad *Young's Modulus*	GPa	32	+/- 3 Gpa
Relación A/C *A/C ratio*		0.4	Máximo valor *Maximum value*
Tamaño Max. de árido *Max. Aggregate size*	mm.	22	Máximo valor *Maximum value*
Cemento según EN-197-1 *Cement as per EN-197-1*		CEM II/AS/42.5/SR *CEM II/AS/42.5/SR*	Bajo contenido en álcalis. C3A limitado al 4-10% *Low alkali content. C3A limited to 4-10%*
Contenido en cemento *Cement content*	kg.	390	360/450
Cono *Cone*	cm.	23	
Adiciones: Humo de Sílice *Admixtures: Silica Fume*	%	6	Máximo 8%

http://www.mfom.es/cph/norma_ehe.html) ("Instrucción Española de Hormigón Estructural" (EHE) (descarga http://www.mfom.es/cph/norma_ehe.html)

- *UNI EN 932-3 "Tests to determine aggregate general properties, Part 3: Procedure and terminology for the simplified petrographic description". ("Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.")*
- *UNI 8981-8 Durability of the works and of the prefabricated concrete members – Specifications to prevent the alkali-silica reaction. ("Durabilidad de las obras y de los elementos prefabricados del hormigón – Instrucciones para prevenir la reacción álcali-sílice")*
- *UNI 8520-22 Aggregates for concrete preparations. Determination of the potential reactivity of aggregates in the presence of alkalis. ("Áridos para preparados del hormigón. Determinaciones de la reactividad potencial del árido en presencia de alcalis")*
- *Directive for the European Technical Approval of the structure postensioning equipment. ETAG 013 (download http://www.eota.be) ("Directrices para la Aprobación Técnica Europea de los equipos de postesado de estructuras - ETAG 013 (descarga http://www.eota.be)*
- *CEN WS-09 Requirements for the installation of the equipment of the structure postensioning equipment and qualification of the specialist company and of its personnel. ("Requerimientos para la instalación de los equipos para el postesado de estructuras y cualificación de la empresa especialista y su personal")*
- *ACI 305R-99 Pouring of concrete in hot weather ("Hormigonado en tiempo caluroso")*
- *ASTM C330 "Standard Specification for light aggregates for structural concrete. ("Especicicación estándar para áridos ligeros para hormigón estructural"*
- *BS 4449:1997 Carbon steel rebars for concrete reinforcement ("Barras de acero al carbono para el refuerzo del hormigón").*
- *BS 7777-3:1993 Flat-bottom vertical cylindrical tanks for low temperature storage ("Tanques cilíndricos verticales*

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

de fondo plano para almacenamiento a baja temperatura").

• DM 96: Ministerial Decree from the Labour Department of 9th January 1996. ("Decreto Ministerial del Ministerio de Trabajo de 9 de Enero de 1996").

On the basis of this large framework of reference codes and standards, it was necessary to undertake a programme, lasting in excess of three years, which started with the theoretical design of the mix proper, with the participation of prestigious engineering companies, such as IBERINSA, along with Aker Kvaerner / Skanska itself. In the performance of the tests the following entities were also involved: the Madrid Polytechnics University, through the Civil Engineers Association, SINTEF, a well-known Norwegian laboratory associated with the Trondheim University and the Spanish Institute INTEMAC.

The first phase of the mix design consisted in the testing of different combinations of constituent base materials (aggregates, cement, additives and admixtures), under different dosing assumptions. The idea was to come up with a combination of parameters, that although they may appear antagonistic in several respects, should maintain a reasonable balance and embody certain minimum values, depending on the properties expected of the mix. As a first step, the concrete should meet the characteristics listed under table 4.

On the basis of the results obtained from the first testing phase, Acciona Infraestructuras S.A., in agreement with the Client, opted for the cement manufactured by the company HOLCIM, at its Carboneras plant. This was the only supplier who, in addition to being able to supply important amounts, on very specific dates and by sea to the Algeciras Port, could also introduce changes to the added calcareous dust, which accommodated the alkalinity parameters to the wishes of the designer.

As far as aggregates are concerned, a granite typology (monzogranite) was finally chosen, on account of having a negligible alkali-silica reactivity, according to the specific tests conducted in Spain and Italy. To this end, Acciona Infraestructuras S.A. acquired and operates the Bellavista quarry, in Gerena, Seville. Extreme care was also taken in the selection of the sand, classified as siliclastic, (99% quartz), which was brought from Huelva. As an anecdote representative of the thoroughness in the selection of materials, the possibility of bringing all the aggregates from Scotland was even considered for a time, as doubts arose about the feasibility of the productivity figures in the operation of the Gerena quarry, until its acquisition by ACCIONA.

The purpose behind the combination of such a selection of materials was to ensure a high degree of compaction, that resulted in a concrete with very low permeability levels or, in other words, fully resistant to the attacks of chlorides. At the same time, very controlled and rather low density levels were required, as the aim was to build a floating structure with contour conditions dictated by Algeciras basin, in which excessive draughts could not be exceeded.

Under a second testing phase, mainly concerned with the durability of the structure, chloride diffusion tests were conducted. Later and as part of the execution phase, concrete conductivity and strength tests were also carried out. The very unusual nature of such testing methods (only two laboratories in Spain have the relevant technology and certification procedures to conduct the chloride diffusion tests with a minimum guarantee) and the lack of available comparable values from other projects, have surrounded this phase by some important elements of scientific debate, from which valuable conclusions have been and will undoubtedly be drawn.

The majority of the methods used to determine the durability parameters of concrete structures are experimental in nature and subject to a multitude of variables, leading to complex equations. For their implementation and analysis, it has been necessary to rely, in addition to, upon Iberinsa, upon the Civil Engineers College and the Eduardo Torroja Institute. The final conclusions phase has not been concluded yet. This phase will undoubtedly continue with the analysis and monitoring of several parameters during the effective life of the structure. The values obtained during the second testing

sólo dos laboratorios en España cuentan con la correspondiente tecnología y certificación como para realizar los de difusión de cloruros con un mínimo de garantías), y la escasa disponibilidad de valores de contraste de otros proyectos, han rodeado esta fase de un elemento importante de debate científico, del que sin duda se han extraído y se extraerán valiosas conclusiones.

La mayoría de los métodos de determinación de los parámetros de durabilidad de las estructuras de hormigón son experimentales y se encuentran sujetos a la influencia de multitud de variables que alimentan complejas ecuaciones. Para su implementación y análisis ha sido necesario contar, además de con Iberinsa, con la colaboración de la ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y del Instituto Eduardo Torroja, no habiendo finalizado aún la fase de conclusiones finales, que se prolongarán sin duda con el análisis y seguimiento de diversos parámetros durante la vida útil de la estructura. Se adjuntan en la Tabla 5 y Figuras 8 y 9 los valores establecidos durante la segunda fase de ensayo y durante la ejecución del GBS.

Estos ensayos se han repetido a lo largo de la ejecución del GBS y para las distintas fases del mismo, evaluándose en todo momento los resultados para la toma de decisiones oportunas para el ajuste y corrección de eventuales desviaciones. En las Figuras 8 y 9 se pueden observar los valores reales obtenidos durante la ejecución de las distintas secuencias de hormigonado del GBS.

4.3. Producción y puesta en obra de los hormigones

La producción del hormigón se llevó a cabo en dos modernas plantas dosificadoras-amasadoras instaladas a pie de Obra, con una producción punta de 90 m^3/h cada una, que trabajaron y trabajan en continuo durante 24h al día durante los ciclos de deslizado; en cumplimiento de la especificación de Contrato una de ellas es siempre reserva para el caso de fallo de la otra, y en períodos de deslizado o de grandes vertidos de losas, ambas han de contar con todo el personal de operación preciso para evitar cualquier posible interrupción del suministro a los grupos o torres de bombeo de hormigón.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Tabla 5. Características del Hormigón del Adriatic LNG GBS
Table 5. Adriatic LNG GBS Concrete Characteristics

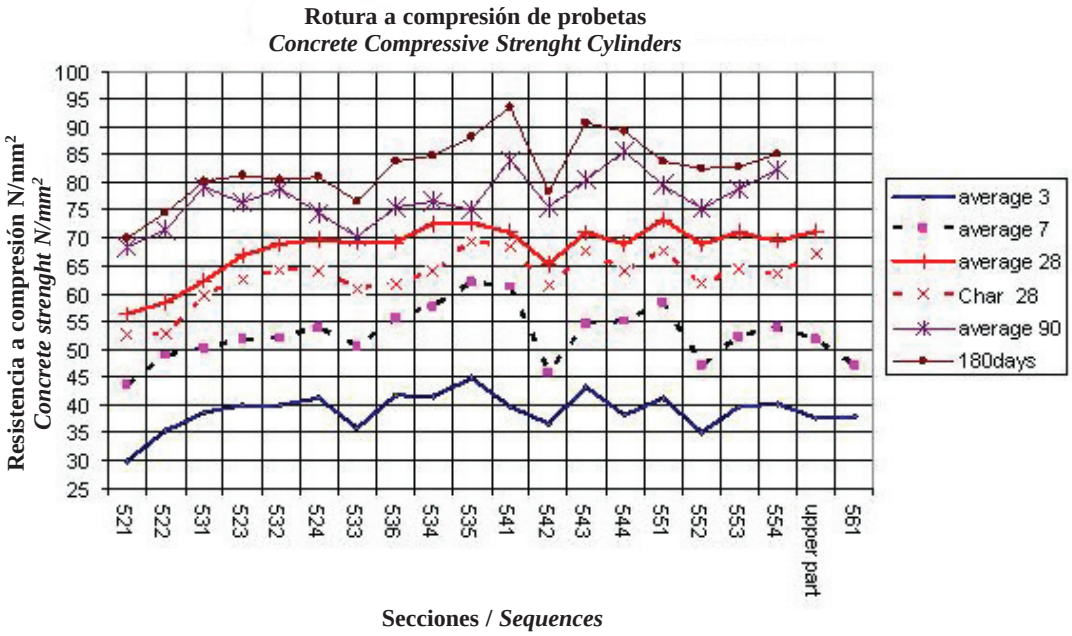
Resistencia a Compresión a 28 días *28 days compressive strength*	N/mm^2	75.5	Notas/Tolerancias de Proyecto *Notes/Design Tolerances*
Resistencia a Tracción *Tensile Strength*	N/mm^2	4.75	NA
Coeficiente de dilatación Térmica *Coefficient of thermal expansion*	µm/mºC	12	NA
Módulo de Elasticidad *Young's modulus*	GPa	33.9	+/- 3 Gpa
Coeficiente de Creep *Creep coefficient*		1	A 90 días
Densidad *Density*	Kg/m^3	2385	2360/2390
Calor adiabático de hidratación *Hydration adiabatic heat*	ºC	47	Tª máxima durante el fraguado 65< *Max. Temperature during curing 65<*
Coeficiente de difusión de cloruros *Chloride diffusion coefficient*	m^2/s	$4.18*10^{-12}$	ND
Coeficiente de Poisson *Poisson Coefficient*		0.18	ND
Energía de Fractura (Gf) *Fracture Energy (Gf)*	N/mm^2	155.9	ND
Penetración de agua (media) *Water penetration (average)*	mm	5	ND

Un factor crítico a controlar durante este proceso fue y sigue siendo la temperatura máxima durante el fraguado del hormigón, que según las especificaciones no habría de superar los 65ºC lo que implica según los cálculos previos de calor de hidratación, y los ensayos en cajones adiabáticos realizados de forma previa a la producción tanto en laboratorios externos como en obra, que el hormigón debía dejar la planta durante los meses de verano a una temperatura máxima de 21 ºC.

Para conseguirlo, se actuó y se actúa en tres etapas. En primer lugar se esta-

phase and during the execution of the GBS are shown in Table 5 and subsequent graphs.

These tests have been repeated throughout the execution of the GBS and for its different phases. The results were continuously assessed and used for the taking of relevant decisions, aimed at adjusting and correcting any eventual deviations. Figures 8 and 9 show the actual values obtained during the different GBS concreting sequences:

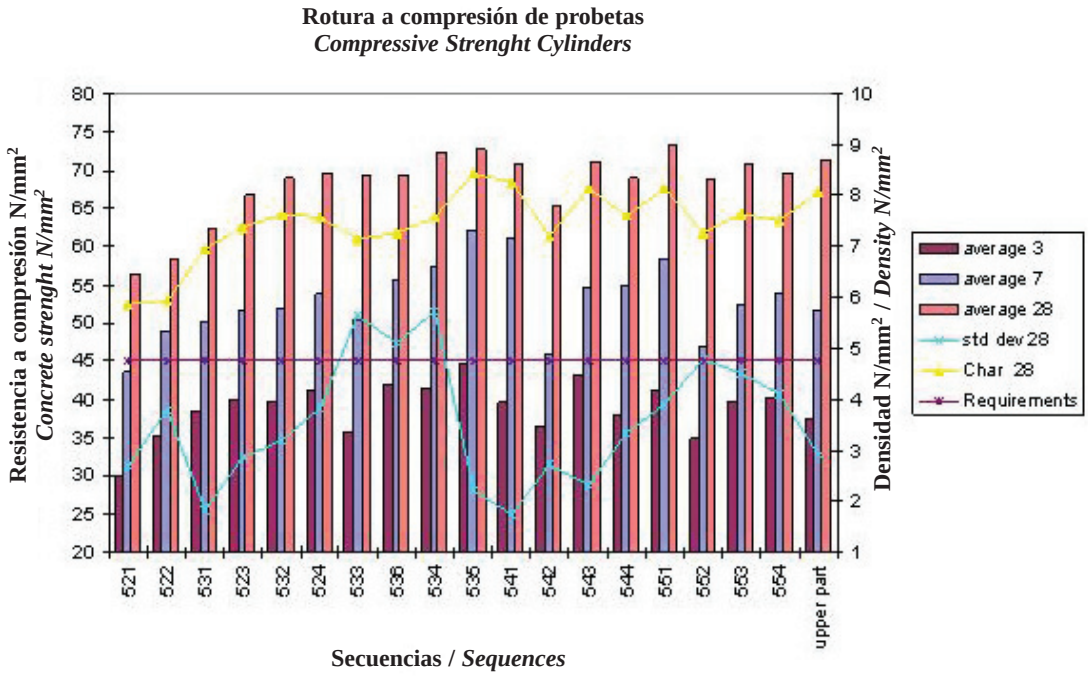


Figuras 8. Estadística de los valores de resistencia a distintas edades del hormigón en las distintas secuencias constructivas.
Figure 8. Strength values at different ages of the concrete during he different construction phases.

4.3. Concrete manufacturing and site delivery

Concrete manufacturing took place at two modern on-site dosing and mixing plants, with a peak output of 90 m^3/hr. each. The plants operated, and are operating, on a continuous basis, 24 hours a day during the slip-forming cycles; in accordance

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



Figuras 9. Estadística de valores de los valores de resistencia a distintas edades y densidades del hormigón en las distintas secuencias constructivas.
Figures 9. Strength values at different ages and densities of the concrete during the different construction phases.

blecen controles ya desde la fase de acopio de los materiales componentes. Las instalaciones poseen una planta de nitrógeno líquido que se utiliza para bajar las temperaturas del cemento en las descargas a los silos de obra (con capacidad de 100 TM c/u). Así, se consigue rebajar la temperatura desde 80ºC. que se obtenían en la medición de llegada en el camión cisterna, hasta 15-25 ºC una vez entraba a silo tras el proceso de enfriado.

El nitrógeno se descargaba también en paralelo al agua de amasado antes de entrar en la amasadora, llevándola prácticamente hasta la congelación. Su empleo con los áridos como lluvia sobre los mismos en su cinta antes de descarga en tolva se mostró poco efectivo y problemático en casos de humedad apreciable de los mismos.

Durante los meses más calurosos, con temperaturas en las proximidades del mar por encima de los 30ºC durante casi 12 horas al día se introdujeron sistemas de enfriamiento previo del agua de amasado, riego de los acopios de áridos con agua a baja temperatura obtenida con enfriadoras industriales (5ºC), mediante potentes equipos refrigeradores, generación de tongadas de hielo/árido con 48 hrs. de antelación a su utilización, y sombreado y cubrición de todos los acopios.

En el trasporte se emplearon camiones hormigonera con sistema de riego continuo del tambor, minimizando los tiempos de espera en un ejercicio de perfecta sincronización al que sin duda ayudó el hecho de que ambas plantas trabajaban en exclusivo para las operaciones de Obra. Las instalaciones de bombeo y las tuberías del mismo se cubrieron con mantas de arpillera con un sistema de riego para su mantenimiento húmedo.

Por último y para la colocación del hormigón en los encofrados de deslizado, se emplearon lonas par evitar la inso-

with the Contract specifications one of the plants is always on standby, in case the other breaks down and in slip-forming periods or during large pourings of slabs, both must be manned with all the operating personnel required to prevent any possible interruption in the supply of concrete to the pumping groups or towers.

One crucial factor to be controlled during this process was, and is, the maximum temperature of the concrete during the curing process, which according to the specifications should not exceed 65ºC. On the basis of the previous calculations on hydration heat and of the tests on adiabatic caissons, performed in advance of production, both at outside laboratories and on site, this meant that concrete should leave the plant, during the summer months, at a maximum temperature of 21 ºC.

To accomplish this, the steps taken, and being taken, were divided into three stages. First, controls are put in place, from the component materials procurement phase. The plants have been provided with a liquid hydrogen plant to lower the temperature of the cement at the discharges into the site silos (with a capacity of 100 TM c/u). In this way, we can lower the temperature from 80ºC. which was recorded at the arrival of the tanker, to 15-25 ºC, once it entered the silo, after the cooling process.

In addition, nitrogen was discharged simultaneously with the batch water, before entering the batcher, to take it virtually to freezing point. Its use with aggregates, in the form of rain sprayed over them, as they moved along the conveyor belt, prior to their discharge in the hopper, proved rather ineffective and problematic in cases of appreciable aggregates humidity.

During the hottest months of the year, with temperatures near the sea in excess of 30ºC, for almost 12 hours a day, the batch water was cooled in advance, the aggregate stockpiles were watered with cold water obtained from industrial coolers (5ºC), using powerful cooling equipment, ice-aggregate batches were produced, 48 hours before use and shade and cover over all the stockpiles was provided.

Concrete was transported in truck mixers, fitted with a continuous drum watering system. Waiting times were minimised thanks to an exercise of perfect synchronisation. The fact that both plants worked exclusively for the Project must undoubtedly have contributed to this synchronisation. Both pumping equipment and pipes were cov-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

lación directa, se humedecieron constantemente los encofrados y se utilizaron potentes máquinas enfriadoras para inyectar aire a baja temperatura al interior de las celdas que conforman la estructura de hormigón en ejecución, con altos grados de humedad y temperatura. Todo el sistema monitorizado por el equipo de Producción y verificado por el de Calidad en las distintas fases de ejecución. Los termopares embebidos en el hormigón se mantenían con lecturas en continuo hasta alcanzar la temperatura máxima que siempre se mantuvo dentro del rango definido por le cliente. Los datos obtenidos se procesaban diariamente en cada turno para poner en marcha, en caso necesario, medidas de corrección, o para comprobar simplemente el buen funcionamiento u optimización de los distintos sistemas de enfriamiento.

En la puesta en obra las exigencias en cuanto a densidad, relación agua/cemento, y sobre todo la trabajabilidad (no perdamos de vista el hecho de que se trata de un hormigón bombeable a largas distancias y una vez colocado, deslizado), eran y son igualmente controladas continuamente por el laboratorio independiente instalado junto a las plantas de hormigón. Los numerosos medios y personal dedicados a la correcta colocación y vibrado del hormigón, redundaron en una casi total ausencia de defectos en el acabado, en particular en comparación con proyectos similares recientemente acometidos tanto por el Cliente en otros puntos del globo, en los que esta partida supuso inversiones millonarias y el empleo de miles de horas/hombre.

Los valores estadísticos de resistencias a compresión y densidades se incluyen en los gráficos 8 y 9 adjuntos. A pesar de que la dosificación se ajustaba o modificaba ligeramente para incluir por ejemplo adiciones que mejorasen sus propiedades en función del tipo de estructura o elevación en los muros exteriores batidos por mareas y oleaje, la homogeneidad del producto obtenido es destacable, alcanzándose unas resistencias a 28 días muy superiores a las requeridas por el diseñador. Como contraste a la rotura de la probetas cilíndricas del control externo de Acciona Infraestructuras, la Dirección Facultativa Italiana contaba y cuenta con un laboratorio perfectamente dotado y calibrado situado a pie de obra y regentado por la Universidad Politécnica de Milán. En él ensayaron durante toda la obra probetas cúbicas, sin que tampoco se reportasen desviaciones sobre los requisitos del Proyecto.

4.4. Acero pasivo. Innovación en el empleo de "T-heads" y acopladores.

En el GBS se han empleado aproximadamente 27.000 Tm. de acero pasivo tipo B 500 SD. Las cuantías empleadas en esta obra suponen aproximadamente 360 kg/m^3 en losas y en torno a 270 kg/m^3 de acero pasivo en muros. El hecho de que el diseño incluya una importante cantidad de acero activo (postesado de la estructura) ha ayudado sin duda a que aún siendo muy importantes, estas cantidades sean más reducidas que en otras estructuras off-shore recientemente acometidas en las que dichas cuantías llegaban a superar los 500 kg/m^3 con facilidad. No obstante la colocación de este acero constituyó un auténtico reto organizativo. Las barras de diámetros 25 y 32mm. fundamentalmente, con abundantes zonas reforzadas en torno a cimentaciones, elementos de tiro, cabezas de anclaje y postesado, unido a que el ascenso continuo del deslizado no da margen al error, obligó a una perfecta planificación y sincronización de potentes cuadrillas de colocadores, grúas, medios auxiliares y organización de acopios.

En el GBS se han empleado únicamente aceros certificados de origen nacional, a los que se han aplicado unos estrictos requisitos de trazabilidad y un exigente plan de ensayos, tanto en España como en Italia. Hemos de recordar que el hecho de que el destino final de la estructura sea su ubicación en el país trasalpino, ha obligado al cumplimiento de diversas normativas propias de dicho país. En referencia al acero, el cumplimiento del Decreto Ministerial DM-96, obligó a que los suministros de acero se limitasen a aquellas acerías que poseían en vigor la certificación bajo dicho decreto de las autoridades italianas. Esto en la práctica se traduce en ensayos adicionales de control estadístico de la producción por parte de los laboratorios autorizados por el Ministerio de Trabajo italiano. Sorpresivamente las acerías españolas eran de las pocas que en un entorno competitivo europeo cumplían tan variados y exigentes requisitos. Acciona conjuntamente con

ered with sackcloth, which was kept wet by means of a watering system.

Finally, for the placing of the concrete into the slip-form, canvasses were used to prevent direct sunlight and the slip-form was kept wet at all times, by using powerful cooling equipment, which injected low temperature air, inside the cells that make up the structure of the concrete being poured and that showed high levels of humidity and temperature. The entire system was monitored by the Production team and verified by the Quality Department, throughout the different stages of execution. Recordings of the thermocouples embedded in the concrete were constantly monitored, until they reach the maximum temperature, which was always kept within the range defined by Client. The data obtained were daily processed in each shift, so that corrective action could be taken, where necessary, or simply to check the proper operation or optimisation of the different cooling systems.

During the placing of concrete on site, the requirements, as regards density, water/cement ratios and above all, workability (let's not forget the fact that this is concrete that shall be pumped over long distances and, once placed, shall be slip-formed), were and are equally controlled by the independent laboratory set up near the concrete manufacturing plants. The ample resources and staff employed for the correct placing and vibration of the concrete, translated into an almost defect-free finished product, particularly when compared with similar projects recently undertaken by Client in other world locations, where this item represented millionaire investments and the expending of thousands of man/hours.

The attached charts 8 and 9 show statistics on compressive strength and densities. Despite the fact that the mix was adjusted or modified to include, for example, admixtures that enhanced its properties, as a function of the type of structure or elevation on the outside walls, beaten by tides and waves, the homogeneity of the finished product was notable, with 28 days strength levels above those laid down by the designer. As a counter-check to the rupture of sample cylinders by Acciona Infraestructuras' external controls, the Italian Construction Manager could re-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026







ly and can rely on a laboratory perfectly equipped and manned, located on-site and run by the Milan Polytechnics University. Cubic sample specimens were tested at this laboratory throughout the development of the project, with no deviations from the Project specifications being reported either.

4.4. Passive reinforcement. Innovative use of "T-heads" and couplers

Approximately, 27,000 tons of passive reinforcement of the B 500 SD type have been used in the GBS. The amounts employed on this job are distributed, approximately, as follows: 360 kg/m³ on slabs and about 270 kg/m³ of passive reinforcement on walls. The fact that the design included a considerable amount of passive reinforcement (postensioning of the structure) has undoubtedly meant that, although these amounts are still very significant, they are lower than in other off-shore structures recently built, where said amounts easily exceeded 500 kg/m³. Notwithstanding this, the installation of this reinforcement posed a real organisational challenge. In particular, the 25 and 32mm. diameter rebars, with many of the reinforced areas located around foundations, plus the tensioning items, anchoring and postensioning heads, together with the

los representantes del cliente llevó a cabo un programa específico de visitas de verificación de los sistemas de calidad y certificación implantados en cada uno de los suministradores de acero.

El complejo y denso diseño estructural de GBS (presencia de acero pasivo, vainas de acero activo, placas, elementos embebidos, pasamuros…), ha precisado la elaboración y empleo de las denominadas "T-heads" y "Couplers" o acopladores. Se trata en ambos casos de una patente noruega que consiste en soldar mediante fricción a las barras de acero pasivo B 500 SD una placa cuadrada o rectangular o un acoplador en su extremo. Ello evita longitudes de anclaje o de

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

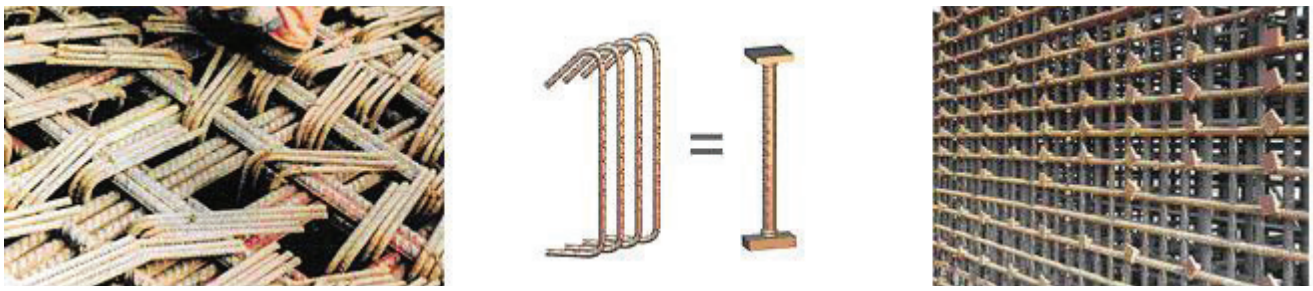


Figura 10. Esquematización del concepto de las T-heads.
Figure 10. T-heads concept diagram.

solape según los casos, descongestionando arranques o intersecciones de muros o nudos complejos de la estructura. En el caso de los acopladores se evita la longitud de solape necesaria para los diámetros usados principalmente en esta obra (32 ó 25 mm.), o se facilitan los empalmes entre algunos elementos estructurales de distintas fases de hormigonado.

Este sistema se ha ensayado extensamente en obra. Aunque ya previamente existía una amplia experiencia por el adjudicatario de la patente, se ha verificado in situ que se excede la capacidad de tensión/deformación del acero, y se mantienen las propiedades mecánicas del acero al que se exige por diseño un límite elástico de 500 Mpa.

Ante la abundante cantidad de acero de estas características requerido en este proyecto se encargaron y montaron dos maquinas para su fabricación en obra. En cooperación con la empresa poseedora de la patente y la subcontrata de ACCIONA para la elaboración y montaje en obra del acero, se llevó a cabo un programa de formación y cualificación del personal para realizar dicha fabricación con las garantías de calidad exigidas por el cliente.

Por parte de ACCIONA se ha realizado una completa trazabilidad de las piezas desde que llegan a obra (placas y acopladores) hasta su colocación en obra, durante todas las fases de fabricación y ensayos.

4.5. Acero Criogénico

La losa que sirve de base a los dos tanques de LNG, de 0,6 metros de canto, es la única parte de la estructura en la que el diseño requería el empleo de acero con propiedades criogénicas (mantenimiento de sus propiedades a bajas temperaturas). Para ello se importaron hasta 2.000 Tm. de acero criogénico (Krybar 165) de Luxemburgo, que cumplían con la especificación del proyecto (BS 4449:1997 grado 460B) obligando a su perfecta identificación, segregación en acopios y trazabilidad en el montaje.

En el resto de zonas en torno a los tanques, y para asegurar la durabilidad del hormigón ante la posibilidad de exposición a bajas temperaturas (el gas natural licuado se encuentra en torno a -160 Celsius), se han colocado tuberías de calefacción embebidas cada metro en el hormigón en toda la superficie de la losa y las paredes del tanque.

5. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA

5.1. Principales fases de ejecución de las secuencias constructivas de la estructura de hormigón del GBS

(Ver Figuras 11.1 a 11.9)

5.2. Ejecución de la estructura. Técnica de deslizado (Slipforming)

El sistema de muros deslizados permite la ejecución de grandes superficies de un modo continuo. Los propios moldes sirven además de para dar forma a los muros y soportar temporalmente toda la estructura, de plataformas de trabajo, acopio y tránsito, y son izados con el empuje de gatos hidráulicos que se apoyan sobre una estructura temporal que va quedando embebida en el propio muro una vez hormigonado. En este proyecto se optó por limitar al máximo

fact that the continuous slipforming of the formwork leaves no margin for error, called for a perfect planning and synchronization of large crews of fitters, cranes, ancillary means and the planning of supplies.

Only domestic certified steel has been installed on the GBS. The material had to meet strict traceability requirements and stringent testing schedules, both in Spain and in Italy.

It has to be remembered that, although the ultimate destination of the structure is the Transalpine Country, several Italian codes and standards had to be complied with. As far as steel is concerned, compulsorily compliance with Ministerial Decree DM-96 meant, that the supplies of steel had to come only from those steel mills with valid certificates, awarded under said decree issued by the Italian authorities. In practical terms, this translated into additional statistical tests and controls on the production, performed by laboratories authorised by the Italian Labour Ministry. Surprisingly, the Spanish mills were among the few, within their European competition environment, that met such varied and stringent requirements. Acciona, in conjunction with Client's representatives, implemented a programme of specific visits, to verify the quality and certification systems in place at each of the steel suppliers facilities.

The GBS complex and complicated structural design (passive reinforcement, active steel sheaths, plates, embedded members, bushings ...) called for the preparation and utilisation of so-called "T-heads" and "Couplers". In both cases, these are Norwegian patents that consist in the welding, using the friction method, of a square or

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

rectangular plate or coupler to the ends of the passive steel bars B 500 SD. This does away with anchor or overlapping lengths, as the case may be, by simplifying the starts or intersections of complex walls or knots of the structure. In the case of couplers, the required overlapping lengths, for the sizes used mainly on this job (32 or 25 mm.), are eliminated or the splices between some of the structural members, from different concreting phases, are made easier.

This system has been thoroughly tested on site. Although the patent licensee had previous extensive experience, it has been demonstrated on site that the stress/strain capacity of the steel is exceeded and that the steel mechanical properties are maintained, from which a design yield strength of 500 Mpa is required.

In view of the large quantities of reinforcement steel of these characteristics needed on this project, two machines were ordered and installed, for its fabrication on site. In conjunction with licensor and with the subcontractor selected by ACCIONA for the fabrication and erection of the steel on site, and so that such fabrication could meet the quality standards demanded by client, a training and qualification programme for the staff was put in place.

ACCIONA, for its part, has completed a comprehensive traceability campaign on the components (plates and couplings), from their delivery on site to their erection and throughout the entire fabrication and testing processes.

4.5. Cryogenic Steel

The 0.6 m thick slab, that serves as a base for the two LNG tanks, is the only portion of the structure where the design parameters required that cryogenic steel (which maintains its properties under low temperatures) be used. To this end, up to 2,000 tons of cryogenic steel (Krybar 165) were imported from Luxembourg. This material comply with project specification (BS 4449:1997 grade 460B). This called for a perfect identification, storage segregation and erection traceability of the material.

In the rest of the areas surrounding the tanks, and in order to ensure the durability of the concrete, threatened by a possible exposure to low temperatures (the temperature of liquefied natural gas is of some -160 Celsius), provision has been made for heating pipes, embedded in the concrete at one metre intervals, throughout the entire area of the slab and tank walls.

5. STRUCTURE ERECTION PROCESS

5.1. GBS concrete structure construction sequences main erection phases

(Ver Figuras 11.1 a 11.9)

5.2. Structure erection Slipforming technique

The slipforming technique allows us to execute large areas on a continuous basis. In addition, the formwork itself can be used both to form the walls and as temporary support for the entire structure, and also as work, storage and transit platforms. The formwork is lifted by means of hydraulic jacks, supported on a temporary structure which is left embedded in the wall itself, after concreting has been completed. During the development of the project, efforts were made to minimise any construction joints and to optimise each slipforming sequence. Absolute records of area simultaneously slipformed were set with this technique. This meant that large teams of workers and engineers had to be sized and organised, in 24 hour shifts, as well as being able to rely upon perfectly organised logistics and backup equipment and staff, for use in case of an emergency (including, from minor items of equipment, such as vibrators and generating sets, to stationary and mobile pumping equipment, cranes, materials haulage equipment (cement and aggregates)..

In similar projects, the distribution of concrete inside the intricate labyrinth of cells and walls was done by means of basic and, sometimes, very rudimentary items of equipment (carts and distributors), in view of the impossibilty to achieve the adjusted output rates or be-

las juntas constructivas, y optimizar cada secuencia de deslizado consiguiéndose record absolutos de superficie deslizada simultáneamente por este técnica. Ello conllevó dimensionar extensos equipos de operarios y técnicos en turnos de 24 horas, y contar con una logística perfectamente organizada y con equipos y materiales de reserva ante una posible emergencia (incluyendo desde pequeña maquinaría como vibradores, generadores hasta equipos de bombeo fijo y móvil, grúas, transporte de materiales (cemento y áridos)…

En proyectos de estructuras similares, la distribución del hormigón dentro del intrincado laberinto de celdas y muros, se ha llevado a cabo mediante medios elementales y en ocasiones muy rudimentarios (carrillos y distribuidores), al no conseguirse ratios de producción ajustados, o plantear problemas la bombeabilidad de la mezcla a grandes alturas o distancias en condiciones climatológicas adversas. En este proyecto supuso otro reto superado con éxito, el conseguir una mezcla que hiciese posible su bombeo a largas distancias, y conseguir una maquinaria apropiada para alcanzar hasta el último recoveco de la estructura con los ratios de producción establecidos.

El deslizado en el GBS es un sistema complejo y que una vez en marcha no debe detenerse bajo ningún concepto hasta alcanzar la coronación para evitar juntas frías. Éstas de producirse por algún motivo, se traducirían en una costosísima y problemática reparación, en principio inaceptable por el cliente dado los riesgos que entrañaría a la continuidad y estanqueidad de la estructura. Para evitarlo, ha sido necesaria una perfecta coordinación y sincronización entre todos los agentes involucrados, y en particular entre los equipos de producción de hormigón, colocación de acero y de embebidos y los de control de izado, Topografía y Control de calidad.

Los equipos han de moverse en un espacio muy reducido por la presencia de numeroso personal y materiales acopiados, y con unos intervalos de tiempo muy ajustados. Hemos de tener en cuenta que con todo a favor se han llegado a superar los 10 cm. a la hora de velocidad de ascenso, lo que significa que en pocas horas se han de ir conformando los muros con todos sus componentes e instalaciones embebidos, para

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

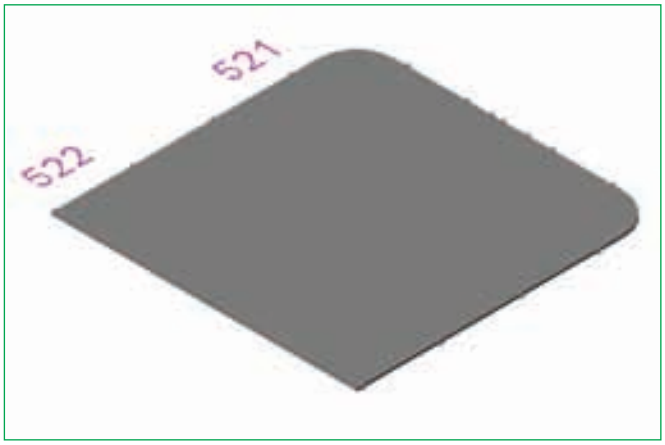


Figura 11.1. Ejecución de secciones sucesivas de la Losa de base de 0,7m de canto.
Figure 11.1. Erection of successive sections of the 0.7 m thick base slab.

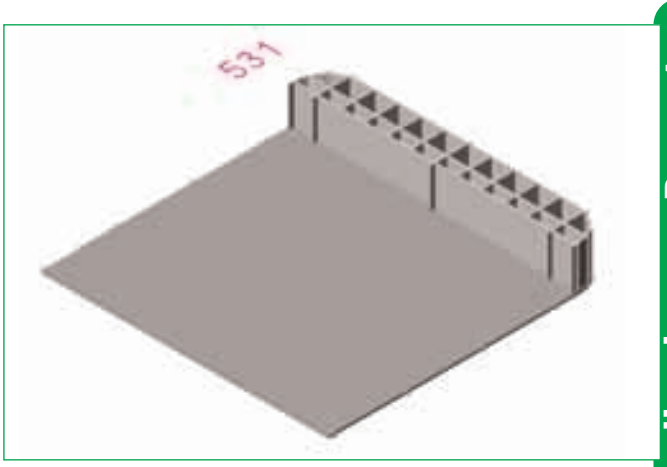


Figura 11.2. Ejecución del primer deslizado de las celdas inferiores de doble casco. Altura de 12,2m. Espesores de muros de 0,6 a 0,45m.
Figure 11.2. Execution of the dual-hull lower cells first slipforming. Height = 12.2m. Wall thickness from 0.6 to 0.45m.

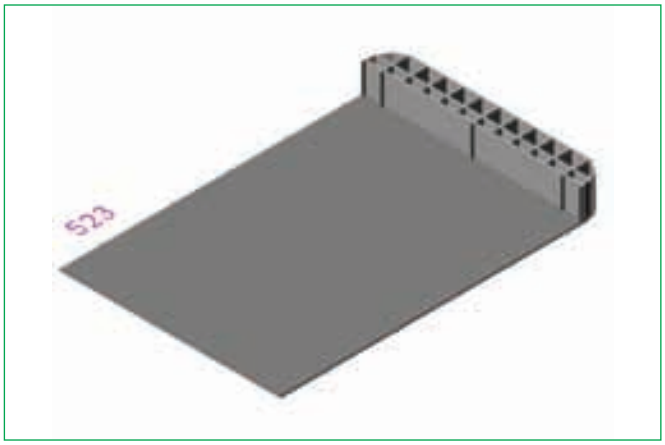


Figura 11.3. Ejecución de fases de losa y deslizado de muros alternos.
Figure 11.3. Erection of slab sections and slipforming of alternate walls.

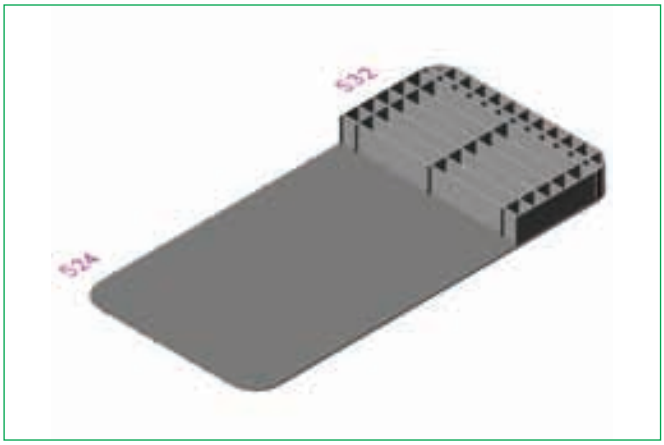


Figura 11.4. Continuación de las secuencias de deslizado de muros de doble casco. Espesores máximos de 0,6m.
Figure 11.4. Continuation of the dual-hull walls slipforming sequences. Maximum thickness 0.6m.

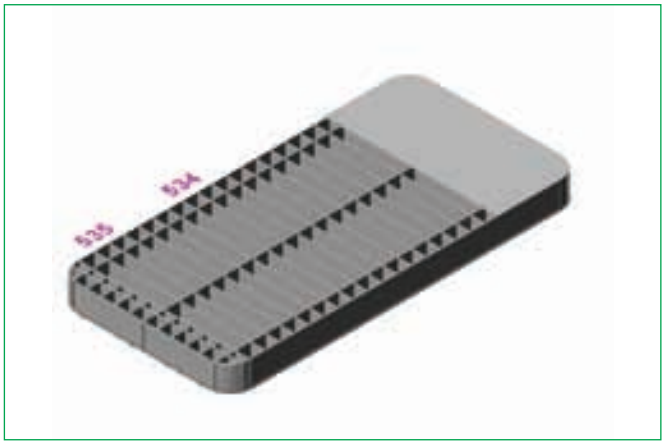


Figura 11.5. Terminación de las secuencias de deslizado de muros de doble casco. Volumen de hormigón 20.000 m^3 . Ejecución de la primera secuencia de la losa del tanque de 0,6m. de espesor.

Figure 11.5. Completion of the dual-hull walls slipforming sequences. Volume of concrete = 20,000 m^3 . Execution of the 0.6 m thick tank slab first sequence.

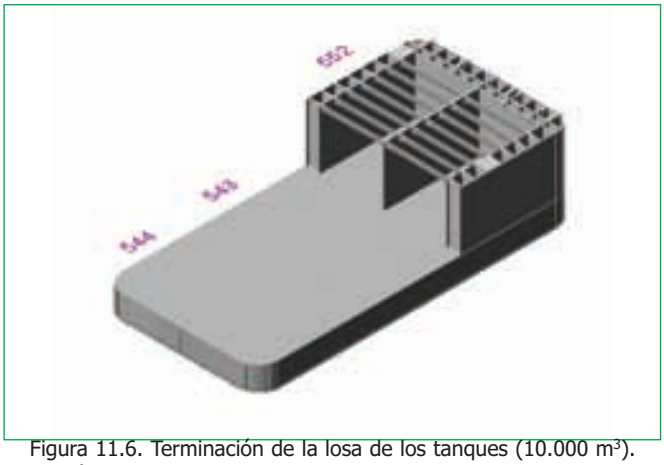


Figura 11.6. Terminación de la losa de los tanques (10.000 m^3). Ejecución de los muros superiores con espesores entre 0,6 y 0.45m. y altura de 33m. (7.000 m^3 cada secuencia). en aprox. 15-17 días. Colocación de las vigas de soporte de la losa superior, luego de deslizar hasta "554" (aprox. 220 t c/u)
Figure 11.6. Tanks slab completion (10,000 m3). Erection of upper walls with thicknesses ranging from 0.6 to 0.45m. and 33 m. high (7,000 m^3 each sequence). in approx. 15-17 days. Placing of the top slab supporting beams, this after completion of "554". (aprox. 220 t each).

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

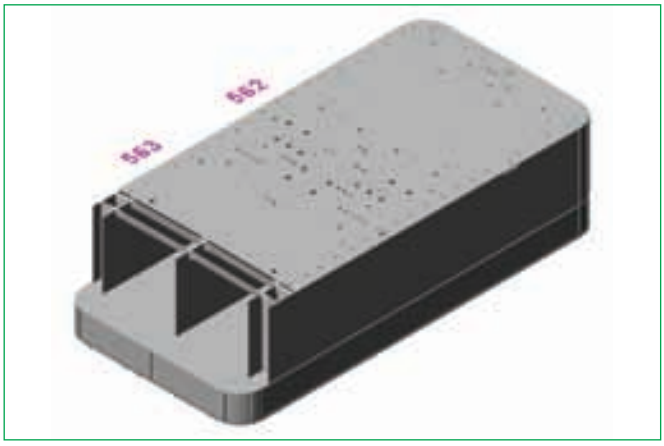


Figura 11.7. Ejecución de las secuencias de la losa superior de 0,5m. de canto.
Figure 11.7. 0.5m thick upper slab erection sequences.

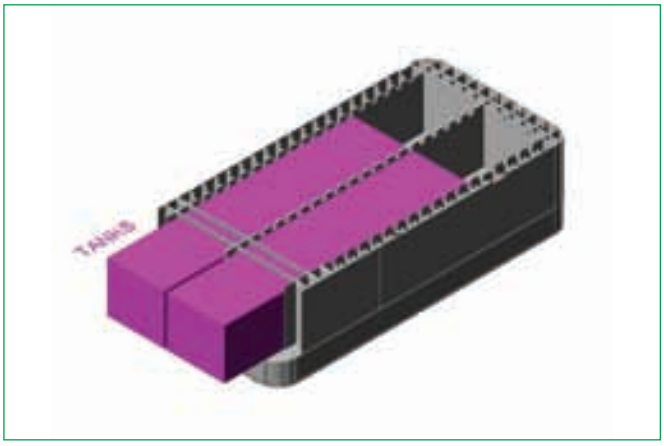


Figura 11.8. Simulación del posicionamiento de los tanques en los compartimentos del GBS.
Figure 11.8. Simulation of tank placing in the GBS compartments.

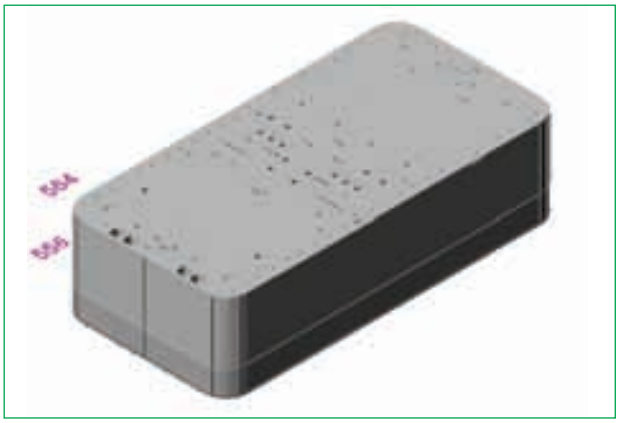


Figura 11.9. Ejecución de las fases de cierre de muros y losa del GBS una vez instalados los tanques de LNG.
Figure 5.1.9. Erection of GBS walls and slab closure, following the installation of LNG tanks.

cause the mix could not be pumped over long distances or reach high places, in adverse weather conditions. In this project, this challenge was satisfactorily overcome thanks to the fabrication of a mix that could be pumped over long distances and to the securement of the proper equipment, to reach the furthermost corner of the structure, within the established output ratios.

Slipforming, within the GBS, is a complex procedure which, once started, cannot be stopped, under any circumstances, until we reach the top of the structure, to prevent the appearance of cold joints. The appearance of these joints, if any, for any reason, would result in very costly and troublesome repairs, which client, in principle, cannot accept, given the risks they would pose for the continuity and tightness of the structure. To prevent them, close co-ordination and synchronisation, among the people involved, was needed and, in particular, among the teams responsible for concrete fabrication, reinforcement and embeds fitting, lifting control, Surveying and Quality Control.

The different items of equipment have to move in very tight spaces, due to the presence of numerous people and stacked-up materials, and within very tight timeframes. It must be taken into account that, under favourable conditions, slip-forming rates of 10 cm an hour have been exceeded, which means that, within a few hours, walls had to be formed, including all their embedded components and utilities, so that subsequently, and from internal platforms, we can proceed with the cleaning and setting out of the embedded plates centrelines and with the repair of defective areas, previously designated by the Quality Control people.

Reports have been drawn up by each shift showing the volumes of concrete poured, performance rates, elevations reached, with respect to the theoretical one, etc., which pro7vided information, in real time, to the engineering division for the taking of decisions on the basis of weather conditions, or due to stoppages caused by components breakdown, or because of the need to increase or reduce the climbing speed, to avoid jams in the placing of reinforcement or embeds in specially reinforced

posteriormente desde plataformas inferiores, realizar la limpieza y replanteo de ejes de las placas embebidas, y la reparación de zonas defectuosas previamente marcadas por el equipo de Calidad.

En cada turno se han emitido informes con los volúmenes de hormigón vertidos, rendimientos, cota alcanzada sobre la teórica, etc. que suministraban información en tiempo real a la ingeniería para la toma de decisiones en función de la climatología, por posibles paradas por avería de los componentes, necesidad de aumento o disminución en la velocidad de ascenso para evitar colapsos en la colocación de acero o embebidos en zonas especialmente reforzadas, o por cambios en la dosificación de la mezcla para mejorar su comportamiento en zonas de salpicadura especialmente expuestas a la acción del mar…

Una secuencia tipo de muros deslizados cuenta con aproximadamente 6900 m^3 de hormigón, cerca de 2.000 Tm. de armadura pasiva y aproximadamente 100 Tm. de vainas para armadura activa, además de otras instalaciones mecánicas y materiales auxiliares. Y todo ello en algún momento ha de ser vibrado o montado con precisión a mano y contrarreloj por los operarios.

5.3. Postesado

Una particularidad que diferencia este GBS de los realizados hasta la fecha, es que se ha conseguido aligerar y descongestionar de acero pasivo la estructura, consiguiéndose cuantías inferiores a los 400 kg/m^3. Esta reducción de peso se

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

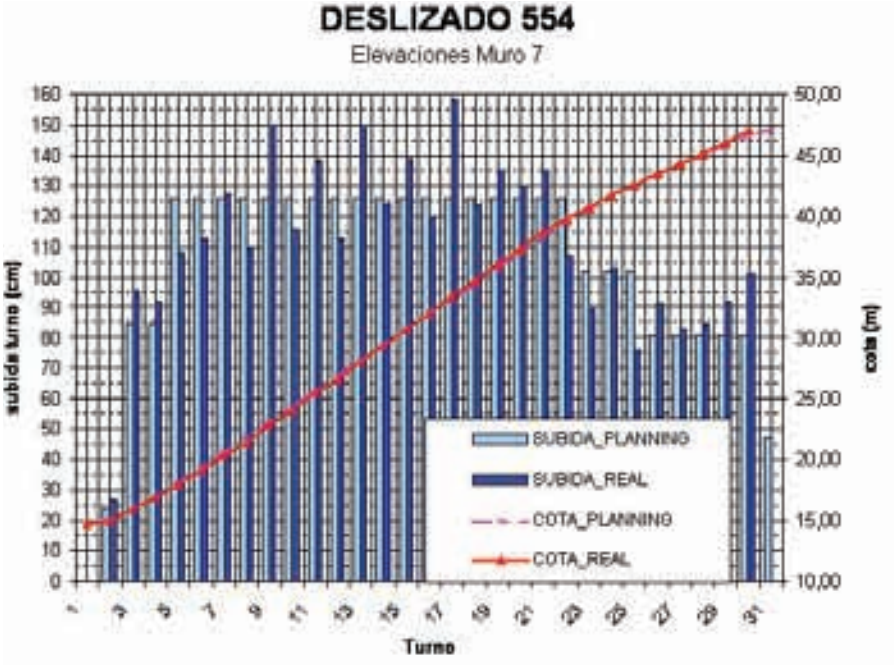


Figura 12. Seguimiento de la Producción y avance de una secuencia de deslizado.
Figure 12. Tracking of Production and slipforming sequence progress.

ha concebido a propósito por diversos motivos. Por una parte una estructura que ha de flotar y navegar, y con estas dimensiones y cargas, necesita de una reducción y optimización de los pesos no estrictamente necesarios. Por otra parte cuantías mayores suponen una fuente de problemas a la hora de la puesta en obra del acero, llevando al límite la capacidad de los operarios que han de manejar tales cantidades de acero de barras de diámetros 25 y 32 mm., y por último la puesta en obra y el vibrado del hormigón se complican pudiendo producirse defectos por falta de vibrado dado el escaso o nulo espacio entre barras como grandes huecos bajo embebidos, coqueras…

Para compensar la disminución en las cuantías de acero pasivo, ha sido necesaria la inclusión de una extensa red tridimensional de cables de postesado, para conseguir que la estructura soporte las cargas de diseño y en servicio. En el GBS se han instalado y postesado unas 4.100 Tm. de acero activo. Para darnos una idea de la magnitud de la cifra, esta cantidad es aproximadamente igual a todo el acero activo que empresas como las que conforman la UTE en la obra y entre las que se encuentran las tres principales empresas a nivel nacional, instalan en un año en todos los proyectos que acometen en España.

La estructura de hormigón está postesada en sus tres dimensiones, longitudinal, transversal y vertical, superando los 1.900 tendones y los 3.500 kilómetros de cable. Una idea del éxito en la ejecución de la misma es que tan sólo se han detectado problemas por obstrucción en 4 de los 1.900 tendones, y de ellos sólo dos han sido irrecuperables sin que haya supuesto una merma en las propiedades resistentes de la estructura ya que se han recuperado los valores de tensión con los cables adyacentes siendo el cálculo aceptado y verificado por la ingeniería.

La actividad se ha organizado en siete fases bien diferenciadas: tres de losas (longitudinales y transversales), postesado vertical de muros inferiores, postesado vertical de muros superiores, postesado de las vigas principales de techo en los tanques (incluyendo dos tendones de continuidad una vez izadas) y los "towing brackets" o estructuras de remolque que llevan anclajes pasivos.

Para cada uno de estas fases se han realizado modelos a escala real (full scale) previos, algo que se ha demostrado muy efectivo a la hora de detectar problemas que podrían plantearse de no cuidar ciertos aspectos en el modelo real, y ejecutando todas las actividades relacionadas con el postesado (enfilado, tesado, e inyección). Se simuló siempre la situación más desfavorable posible según el diseño en la estructura. También se han realizado ensayos de corrosión del hilo, debido a la preocupación ante el permanente ataque marino.

areas, or due to mix proportioning changes, to improve its performance in splashing areas, specially exposed to the effects of the sea.

A typical sequence of slipformed walls involves, approximately, 6,900 m^3 of concrete, about 2,000 Tons of passive reinforcement and, approximately, 100 tons of sheaths for active reinforcement, in addition to other mechanical systems and ancillary materials. And all this, has to be vibrated or mounted by the staff, in due time, accurately by hand and against the clock.

5.3. Postensioning

One feature that sets this GBS apart from those completed to date, is the fact that we have succeeded in reducing and eliminating some active reinforcement from the structure, with levels below 400 kg/m^3 being achieved. This weight reduction has been deliberately introduced for several reasons: On the one hand, a structure designed to float and navigate, and provided with these dimensions and loads, requires a reduction and optimisation of any unnecessary weight. On the other hand, heavier weights are a source of problems for the delivery of the reinforcement on site, in that they overstretch the work capacity of the staff who has to handle big amounts of reinforcement bars with diameters of 25 and 32 mm., and, lastly, the placing on site and the vibration of the concrete is made more difficult, because defects might arise as a result of a deficient vibration, given the scant or non existent space between bars, such as big voids under embeds, holes…

In order to compensate for the reduction in passive reinforcement, it has been necessary to include an extensive tridimensional network of postensioning cables to make it possible for the structure to withstand de design and service loads. During the erection of the GBS, 4,100 Tons of active reinforcement have been installed and postensioned. To get an idea of the magnitude of these figures, the aforesaid amount, approximately, equals all the active reinforcement that companies, like the ones that make up the Joint Venture in this project, that includes the three main domestic companies, install in one year in all the projects completed in Spain.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

The concrete structure has been postensioned in three directions: longitudinal, transversal and vertical. More than 1,900 tendons and 3,500 kilometres of cable were used. A proof of how successful the postensioning operation proved, is the fact that only 4 out of the 1,900 tendons had obstruction problems, and of them only two could not be recovered, without this resulting in a weakening of the bearing capacity of the structure, as stressing values were recovered thanks to the adjacent cables, with these calculations being verified and accepted by the engineering division.

The operation was organised into seven clearly distinct stages: three referred to slabs (longitudinal and transversal), as well as vertical postensioning of lower walls, vertical postensioning of upper walls, postensioning of main roof girders in the tanks (including two continuity tendons following lifting) and towing brackets or towing structures, which are provided with passive anchors.

For each of these stages, full scale models were performed in advance. This has proved very effective in detecting problems that might have arisen, if certain aspects had not been taken care of in the actual model, including the performance of all the activities associated with the postensioning (threading, tensioning and injection). A worst case scenario was always simulated, in accordance with the design of the structure. Cable corrosion tests were also performed, to allay any concerns associated with a continuously hostile marine environment.

A further technological innovation used in this project consisted in a remotely-controlled camera, for early detection of potential irregularities and obstructions in the tendons, in order to undertake, in a convenient and timely manner, any repairs, or, eventually (in serious instances of total obstruction in some very deep ducts) to allow engineering staff to provide solutions or redesign alternative ones.

6. ADDITIONAL WORKS

6.1. "Site operations", Support Infrastructure Activities

The activities of the GBS support infrastructure consisted in the procurement and preparation of work areas and in the provision of utilities, offices, equipment and services on Site and their proper upkeep, as well as the demobilisation of the primary infrastructures listed below and of the secondary, or support, infrastructure itself.

Although, in principle, all of these activities were regarded as of a secondary or supporting nature to the GBS project, the success of the rest of the project, during numerous phases of the same, depended upon their proper planning, execution and management. Ever since they were conceived, they have posed a real challenge, as the facilities put in place could be put on an equal footing to those of a modern industrial complex, covering a 31 hectare site, owned by the Algeciras Bay Port Authority.

– *The* Primary Infrastructure *included the sinking of the existing dry dock base, previously performed by ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, including earthworks, fencing and a secure foundation for the GBS. Once completed, the dry dock had the following dimensions: 355 m. long, 215 m. wide and 21 m. deep.*

– *The* Secondary Infrastructure *included the provision of all the required utilities (drinking water, sewerage, site and town waste management, telecommunications, lighting, electrical power, security and 24 hour access control), roads, service roads and parking facilities, warehouses and storage areas, workshops for the fabrication of steel parts and the manufacture of T-heads, embeds and girders, two concrete manufacturing plants, complete with cooling system, using liquid nitrogen, two laboratories for the testing of concrete cylinders, erection of 6 heavy-duty, stationary cranes and 2 mobile cranes, serving the storage areas and reinforcement assembly yards.*

Also worth noting is the erection and upkeep of more than 5.000 m^2 of office space and a site canteen to provide services to more than 800 people a day, in two shifts. The provision of proper management methods and the co-ordination of the staff and of the services required, so that a stable population of, approximately, 1,000 people a day, during many stages of the project, could feel themselves in a pleasant, whole-

Otro avance tecnológico empleado en este proyecto ha sido la utilización de una cámara operada por control remoto para detectar con antelación posibles irregularidades y obstrucciones en los tendones y poder así acometer de modo conveniente la reparación o, eventualmente (en casos críticos de obstrucción total a gran profundidad de algún conducto), permitir que la ingeniería pudiese plantear soluciones o recalcular posibles alternativas en casos críticos de obstrucción total a gran profundidad de algún conducto.

6. OBRAS ADICIONALES

6.1. "Site operations". Trabajos de la Infraestructura de Apoyo

Los trabajos de las infraestructuras de apoyo al GBS consistían en el aprovisionamiento y acondicionamiento de espacios y en la ejecución de las instalaciones, oficinas, equipos y servicios en la Obra y su perfecto mantenimiento, así como la desmovilización de la infraestructura primaria que a continuación describiremos y de la propia infraestructura secundaria o de apoyo.

Aunque en principio todas estas actividades se consideraban secundarias o de apoyo al proyecto del GBS, de su buena planificación, ejecución y gestión ha dependido el éxito del resto del proyecto en numerosas fases del mismo. Ya desde su propia concepción han supuesto todo un reto por cuanto se han generado unas instalaciones asimilables a un moderno complejo industrial sobre una superficie de 31 hectáreas pertenecientes a la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras.

– La *Infraestructura Primaria* incluyó la profundización de la base del dique seco existente ejecutado previamente por ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, incluyendo movimientos de tierras, vallado y seguridad de la cimentación para el GBS. El dique una vez terminado cuenta con unas dimensiones de 355 m de largo, por 215 m de ancho y 21 m de profundo.

– La *Infraestructura Secundaria* incluye la instalación de la red de servicios (agua potable, saneamiento, gestión de residuos de obra y urbanos, telecomunicaciones, alumbrado, electricidad, segu-

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Tabla 6. Seguimiento y control de lo parámetros medioambientales
Table 6. Monitoring and control of environmental parameters

	Parámetro *Parameter*	**Total puntos de muestreo** *Total sample points*	**Duración del muestreo** *Duration of the sample*	**Periodicidad** *Periodicity*
Ruido *Noise*	Ruido en día laborable *Noise in a working day*	8	8 lecturas de 15 minutos *8 readings of 15 minutes*	Trimestral *Quarterly*
	Ruido en día festivo *Noise on holidays*	8	8 lecturas de 15 minutos *8 readings of 15 minutes*	Trimestral *Quarterly*
Calidad del aire *Air quality*	Partículas en suspensión *Suspension particles*	4	2 periodos de 24 horas *Two 24 hour periods*	Trimestral *Quarterly*
	Partículas sedimentables *Sedimentable particles*	4	32 días *32 days*	Trimestral *Quarterly*
	PM10 *PM10*	1	2 periodos de 24 horas *Two 24 hour periods*	Trimestral *Quarterly*
Calidad del agua *Water quality*	Tª, Ph, conductividad, salinidad, hidrocarburos.. *Temperature, pH, conductivity, salinity, hydrocarbons*	2		Trimestral *Quarterly*

ridad y control de accesos 24 hrs.), carreteras, vías de servicio y aparcamiento, almacenes y zonas de acopio, talleres de prefabricación de piezas de acero y elaboración de T-heads, embebidos y vigas, dos plantas de hormigón con sistema de refrigeración mediante nitrógeno líquido, dos laboratorios de ensayos de hormigones, instalación de 6 grúas torre fijas de gran porte y 2 grúas torre móviles en las zonas de almacenamiento y parques de ferralla.

Mención especial hemos de hacer a la construcción y mantenimiento de más de 5.000 m^2 de oficinas y un comedor de obra para dar servicio en dos turnos a más de 800 personas al día. La correcta gestión y coordinación del personal y de los servicios necesarios para que una población estable en torno 1.000 personas/día durante muchas fases de la obra se haya sentido en un entorno de trabajo agradable, saludable y sobre todo seguro, son otro de los haberes que cuentan entre los méritos de este proyecto del todo singular, reconocido en los numerosos galardones recibidos.

El programa de gestión medioambiental implantado, y su continuo seguimiento por parte de todos los agentes involucrados, no ha hecho más que afirmar la apuesta de ACCIONA INFRAESTRUCTURAS con el medio ambiente y el desarrollo sostenible en los ámbitos en los que desarrolla sus proyectos. Sin duda ello dará pie a otras publicaciones en las que detallar las interesantes experiencias obtenidas.

7. GESTIÓN DE CALIDAD. PREPARACIÓN DEL TRABAJADOR

Los requisitos de calidad de un proyecto Off-shore como el del Adriatic LNG, rebasan con mucho los más habituales empleados en cualquier obra civil en España. La complejidad normativa de un diseño que ha de adaptarse a la legislación técnica de varios países, y la combinación de sistemas civiles y electromecánicos, convierten este tipo de obras en grandes retos y auténticos bancos de pruebas que llevan al límite las exigencias de los sistemas de calidad de las numerosas empresas involucradas.

Hemos de resaltar que la dificultad técnica y de comunicación (el idioma oficial del proyecto es el inglés y todos los documentos se reciben y emiten en dicho idioma), llevan además aparejada un fuerte condicionante por la necesidad de cumplimiento de unos plazos de ejecución y entrega, incluso documentales (comissioning o mechanical completion) de las distintas unidades, muy estrictos. El incumplimiento de los mismos se liga a penalizaciones económicas de gran importancia, ya que las cadena de pérdidas por retraso de las actividades ligadas entre sí, y posiblemente ejecutadas por distintas empresas

some and, above all, safe work environment, are another positive among the merits of this very singular project, as the numerous prizes awarded have recognised.

The environmental management programme in place, and its continuous monitoring by all the people involved, has only served to prove that ACCIONA INFRAESTRUCTURAS has placed a strongly bet on the environment and on sustainable development, in the areas where it operates. Undoubtedly, this issue shall be the subject of further publications describing the interesting experiences gained in this field.

7. QUALITY CONTROL. STAFF TRAINING

The quality requirements of an Off-shore project like Adriatic LNG, far exceed most of the requirements commonly applied to any other civil work project in Spain. The complex codes and standards governing the design, and the need to accommodate this to the technical regulations of several countries, as well as the combination of civil work and electromechanical systems involved, turn this type of projects into big challenges and into real test beds that push the quality systems requirements of the many companies involved to their limits.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

It must be emphasised, that the technical difficulties and language barrier involved (English is the Project official language and all documents are issued and received in this language), are additional conditioning factors, in view of the necessity to comply with very tight execution and delivery schedules, even of a documentary nature (commissioning or mechanical completion) of the different units. Failure to comply with these schedules entails serious financial penalties, as the chain of losses resulting from a delay in inter-related activities, probably performed by different companies that incur high mobilisation costs, and the failure to place in service a big Terminal like the GBS, translate into daily costs unacceptable by client.

7.1. Human Resources

The exacting technical demands of this type of project, and its tight schedule, mean that the entire organisation must take upon themselves two priorities: quality and safety. No major errors, affecting completion of the structure, within schedule and according to the specifications, shall be acceptable. For this reason, the staff exclusively responsible for monitoring compliance with any quality and safety requirements, which also include the review, filing and dispatch of the records of the processes and activities performed, is much more numerous and highly qualified than in the majority of projects, normally undertaken in the field of major civil works.

As far as the Adriatic LNG project is concerned, ACCIONA INFRAESTRUCTURAS' Quality Department has relied upon as many as 35 people, including engineers, inspectors and assistants, exclusively devoted to the following activities: quality assurance, preparation of Quality plans and technical and control procedures, supplier and subcontractor auditing, quality control and inspection, preparation, review and filing of documents. It goes without saying that the level of awareness and the numerous hours of training and task preparation activities, from a quality assurance point of view, has been extended to the rest of the organisation and, in particular, to the engineers of the following Departments: Engineering, Production (preparation of technical procedures) and Electromechanics. The first one was responsible, for instance, for the team of Surveyors, 50% of whose members, approximately, worked on data verification (at peak times, up to 17 surveyors, 5 assistant engineers and 36 assistant surveyors), who on this project were responsible for securing accurate structural dimensions, within strict tolerances laid down by the drawings and specifications.

In addition, there is the outside concrete laboratory, manned by up to 8 technicians, working in two shifts, who were responsible for compliance with the concrete inspection and test programmes and its constituent materials.

On the other hand, and as far as the mechanical-industrial portion is concerned, ACCIONA INFRAESTRUCTURAS has retained the services of two companies engaged in the control, inspection and testing of welds and metallic materials. This meant that, at different stages of the project, up to 45 additional operatives and inspectors worked on the project, depending on the amount of procedures and welders to be qualified and the typology of the non-destructive examinations (NDE) to be performed: (Radiography, Magnetic Particles, Liquid Penetrant, Ultrasound and Vacuum Boxes).

63 structural welding procedure specifications (WPS) were prepared, according to standard EN 287-1 and 6 WPS for pipes according to standard ASME Sect. IX. These procedures were used to qualify 437 welders, for structural welding and 43 welders, for pipes and ducts, for a total of 1085 Welder Performance Qualification Records (WPQR), all accepted by client and Owner (Exxon Mobil and Aker Kvaerner)

In addition to ACCIONA's quality system, there are the autocontrol services of each contractor, who were requested to provide at least one officer responsible for quality issues per activity and shift.

7.2. Quality System. Quality Assurance. QA

For such a singular job, from a regulatory and client requirements point of view, provision has been made for a considerable amount of specific Procedures and for the so-called "Work Packages". These documents are vital to start any job, as they include all the information on each activity, regarding scope, drawings, reference procedures and specifica-

con costes importantes de movilización, y la no entrada en producción de un gran Terminal como el GBS, se traducen en costes diarios inasumibles por el cliente.

7.1. Equipo Humano

La alta exigencia técnica de este tipo de obra, y lo ajustado de los plazos, implican que toda la organización que la ejecuta, ha de tener en la calidad y en la seguridad, sus dos objetivos prioritarios, puesto que no son en ningún modo asumibles errores mayores que afecten a la terminación en tiempo y forma de la estructura. Y por ello dentro de la organización, el personal dedicado en exclusiva a la vigilancia del cumplimiento de los requisitos de seguridad y calidad, que incluyen también la revisión, archivo y transmisión de los registros de los procesos y actividades ejecutados, es mucho más numeroso y cualificado que en la mayor parte de los proyectos habitualmente ejecutados en el ámbito de grandes obras civiles.

En el proyecto Adriatic LNG la unidad de Calidad de ACCIONA INFRAESTRUCTURAS ha contado con hasta 35 personas entre técnicos, inspectores y ayudantes, dedicadas exclusivamente a labores de aseguramiento de la calidad, elaboración de planes de Calidad y procedimientos técnicos y de control, auditoría de proveedores y subcontratistas, control de calidad e inspección, elaboración, revisión y archivo de documentación. Por supuesto el grado de concienciación y las numerosas horas de formación y preparación de los trabajos desde un enfoque de aseguramiento de la calidad, se han hecho extensibles al resto de la organización, y en particular a los técnicos de los departamentos de Ingeniería, Producción (preparación de procedimientos técnicos) y Electromecánica. Del primero dependían por ejemplo los equipos de topografía de los cuales la mitad se dedicaban a tareas de verificación de datos (en punta hasta 17 topógrafos, 5 auxiliares técnicos y 36 auxiliares de topografía), que en este proyecto velaban por la consecución de las dimensiones de la estructura con unas estrictas tolerancias definidas en planos y especificaciones.

A todos ellos hay que sumar el laboratorio externo de hormigones que ha

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Tabla 7. Documentos gestionados en el proyecto GBS Adriatic LNG. Resumen general
Table 7. Documents managed in the GBS Adriatic LNG project. Summary

Planes de Calidad aprobados *Quality Plans Approved*	Procedimientos específicos aprobados *Specific Plans Approved*	Workpacks aprobados *Workpacks Approved*	Documentos Técnicos (planos/procedimientos) gestionados *Technical Documents (drawings/procedures) managed*	Total de documentos gestionados *Total documents managed*
19	314	410	16.698	25.000

contado con hasta 8 técnicos en doble turno para el mantenimiento del plan de inspección y ensayos de hormigones y sus materiales constituyentes.

Por otra parte y para la parte mecánica-industrial se ha trabajado con dos empresas de control, inspección y ensayo de soldaduras y materiales metálicos, que en distintas fases del proyecto suponían hasta 45 operadores e inspectores adicionales según las necesidades de homologación de procedimientos y soldadores y la tipología de ensayos no destructivos (END) a realizar (Radiografía, Partículas Magnéticas, Líquidos Penetrantes, Ultrasonidos y Caja de Vacío).

Se han realizado 63 WPS estructurales de acuerdo a norma EN-287-1 y 6 WPS para tubería de acuerdo ASME Sect. IX. Con estos procedimientos han sido homologados un total de 437 soldadores para soldadura estructural y 43 soldadores para tuberías y conductos, para un total 1085 homologaciones (WPQR), todos ellos aceptados por el cliente y la propiedad (Exxon Mobil y Aker Kvaerner)

Aparte del sistema de calidad de ACCIONA, hay que añadir los servicios de autocontrol de cada subcontratista, al que se exigía al menos un responsable de calidad por actividad y turno.

7.2. Sistema de Calidad. Aseguramiento de la Calidad. QA

Para una obra tan singular en cuanto a normativa y exigencias por parte del cliente, se han elaborado una importante cantidad de Procedimientos específicos y los denominados "Work Packages". Estos documentos son imprescindibles para iniciar cualquier tajo ya que recogen toda la información para cada actividad relativa al alcance, planos, procedimientos y especificaciones de referencia, materiales, medios auxiliares y personal, descripción detallada de los trabajos, medidas de seguridad y análisis de riesgos, control de calidad y programación. Estos documentos se redactan tanto en español como en inglés y son consultados tanto por los técnicos y encargados de obra como por los supervisores de calidad y seguridad.

Incluimos información del número total de documentos generados en la tabla 7 adjunta.

Para poder llevar a cabo una gestión eficaz de tal número de documentos sometidos a constantes procesos de revisión y aprobación, muchos de ellos de carácter contractual, fue necesario programar una base de datos que permitiese además la interrelación y vinculación de unos documentos con otros. Así por ejemplo entre planos y órdenes de cambio o no conformidades. Esta potente herramienta es habitual en proyectos de esta envergadura, ya que sin ella sería inmanejable el flujo de información generada. La obra cuenta con una sección del departamento de Calidad ligada únicamente al control documental.

Como datos significativos complementarios de las actividades del sistema de aseguramiento de la calidad, destacar que el propio equipo de obra ha realizado un total de 35 auditorías externas de proveedores y subcontratistas en dos años, soportando además la realización de otras 40 auditorías o revisiones del sistema o parte del mismo, por parte del cliente, además de las propias del sistema de Calidad interno de ACCIONA INFRAESTRUCTURAS (2 auditorías internas al año). Se ha gestionado con éxito, y en tiempo record, la certificación por una entidad europea acreditada de la producción de hormigón en las dos plantas a pié de obra bajo la norma EN-206-1. Por otra parte se gestionó así mismo en tiempo record, la implementación de todos los sistemas productivos

tions, materials, ancillary means and personnel, detailed job description, safety measures and risk analysis, quality control and planning. These documents are written both in Spanish and English and are consulted both by engineers and site managers, as well as by the quality and health and safety supervisors.

Please find below in the attached table 7, information on the total number of documents generated

In order to efficiently manage such a vast amount of documents, some of them subject to constant reviews and approvals and many of a contractual nature, it was necessary to set up a database that also made it possible to interrelate and link the documents to each other. For instance, between drawings and work orders or non conformances. This powerful tool is common place in projects of this size, because without such a tool it would be impossible to manage the flow of information generated by the project. The project has put in place a division, reporting to the Quality Department, devoted exclusively to document control activities.

The following significant items of information, complementing the activities of the quality assurance system, are worth noting: the site team itself has conducted a total of 35 outside audits on suppliers and subcontractors, over two years, and has also supported the performance of a further 40 audits or reviews, in whole or in part, of the system by client, in addition to those conducted by ACCIONA INFRAESTRUCTURAS's own internal quality system (2 internal audits a year). An application for certification has been filed, and successful obtained in record time, with an accredited European entity for the manufacture of concrete at the two site plants, according to standard EN-206-1. On the other hand, arrangements were also successfully completed, also

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

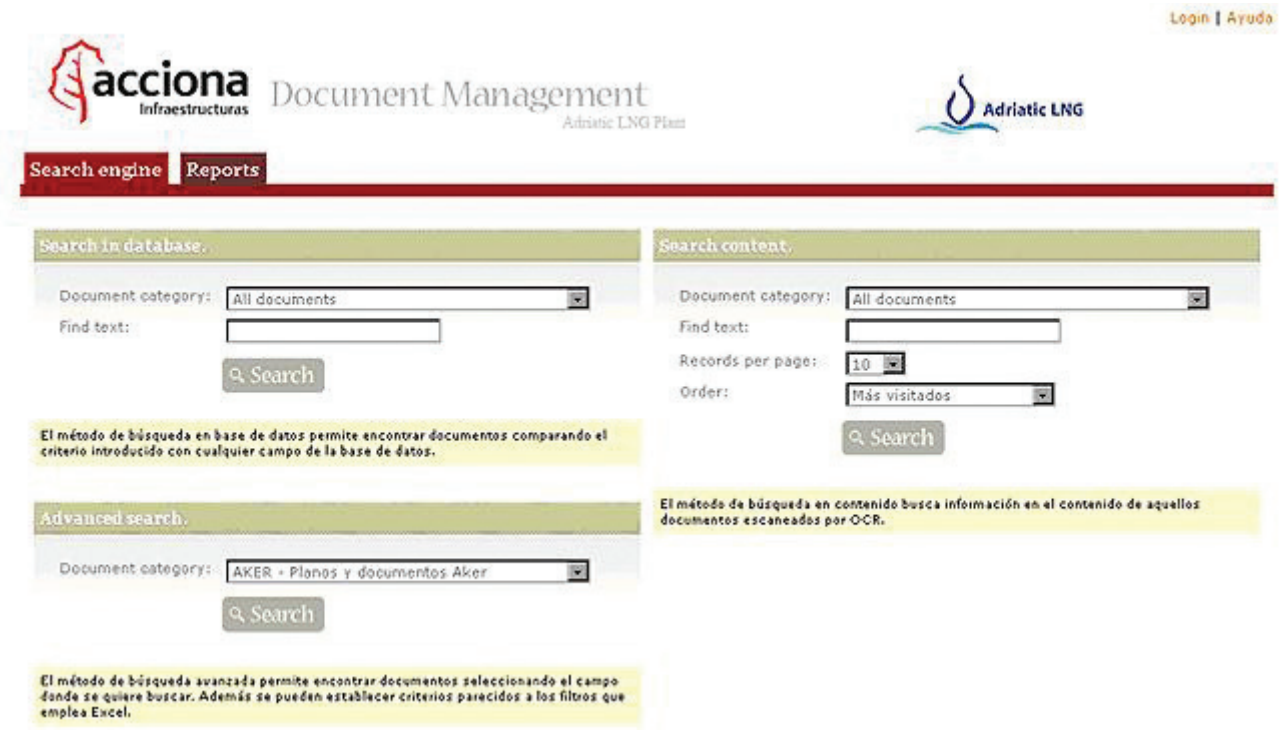


Figura 13. Presentación de la aplicación de gestión documental.
Figure 13. Presentation of the document management application.

in record time, for the implementation of all the production and control systems, leading to the securement of the EC branding of the aggregates quarry that supplied the materials for the project.

Another innovative system, as far as planning and anticipation of potential construction problems are concerned, is the simulation of all GBS activities, which are previously modelled on real life models of each representative portion of the structure, also called mock-ups. In this way, the construction systems, and their effectiveness and safety, can be simulated, allowing us to anticipate any critical points that require greater attention, when actually coming to construct them in the GBS and avoid ambiguities or errors that might give rise to a Non-conformance with the requirements of the project. Some of the activities that have been modelled read as follows: slipforming, including the pouring of concrete and the placing of reinforcement and embeds, up to a height of 10 m, threading of postensioning tendons, tensioning and injection of vertical and horizontal postensioning ducts, application of epoxy resin and repairing product, as well as structure protections, construction of the tank intermediate slab and of the heads of the prefabricated girders and the different insulation layers of the tanks above said intermediate slab.

Another aspect of vital importance is the continuous training of staff. Prior to the start of each activity and, where required, during their performance, or due to changes of personnel or of the project itself, or to resolve problems or improve workmanship, training is organised for the people involved: production engineers, quality inspectors, officers, site foremen and labourers. Some overall da-

y de control que llevaron a la consecución del Marcado CE de la cantera de áridos que suministraba a la obra.

Otro sistema novedoso en cuanto a la planificación y anticipación a los posibles problemas constructivos, es la simulación de todas las actividades del GBS, que son ensayadas previamente en maquetas a escala 1:1 de cada porción representativa de la estructura, y que reciben el nombre de "Mock-up". De esta manera se pueden ensayar los sistemas constructivos y su efectividad y seguridad, prever con antelación los puntos críticos en los que habrá que hacer mayor hincapié a la hora de su ejecución real en el GBS y evitar problemas de indefiniciones o errores que puedan dar como resultado una No Conformidad con los requisitos del proyecto. Algunas actividades que se han modelizado son: el deslizado incluyendo hormigonado colocación de acero y embebidos hasta 10 metros de altura, enfilado de tendones de postesado, tesado e inyección de conductos verticales y horizontales de postesado, aplicación de epoxi y producto de reparación y protecciones a la estructura, la ejecución de losa intermedia del tanque y de las cabezas de las vigas prefabricadas y las distintas capas del asilamiento de los tanques sobre la losa de intermedia.

Tabla 8. Datos de formación impartida en obra
Table 8. Training imparted on site

	Formación en Calidad *Quality Training*	**Formación edioambiental** *Environmental Training*
Nº de sesiones *Nº of sessions*	45	608
Nº de horas *Nº of hours*	947	6.555

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Otra faceta de gran importancia es la formación continuada del personal. De forma previa al comienzo de cada actividad y, si lo requiere, durante la ejecución de la misma por cambios en el personal o del propio proyecto para resolver problemas o mejoras en la ejecución, se imparte formación del personal involucrado: ingenieros de producción, inspectores de calidad, encargados, capataces de obra y operarios. Algunos datos generales sobre las horas de formación impartidas hasta la fecha se reflejan en la Tabla 8.

Una última fase, tras finalizar cualquier actividad, es la de retroalimentación del sistema. Comienza con la revisión de la documentación que es tras ello sometida para aprobación por parte del cliente como documentación final de obra. Asimismo se estudian los rendimientos productivos y se comienza con el cierre y resolución de las no conformidades acontecidas. Todos estos puntos se tratan en una reunión conjunta con los responsables de cada empresa. De esta reunión de lecciones aprendidas (Lessons Learned Meeting), salen valiosas conclusiones para la mejora en la ejecución, y se hace una valoración conjunta de los errores/aciertos cometidos que sirve de retroalimentación para la siguiente fase del proyecto y sienta las bases para el comienzo de la próxima actividad.

7.3. Control de Calidad. QC

En cuanto al control de la calidad, la alta exigencia de un proyecto Off-Shore por parte de nuestro cliente implica que se inspeccione, revise y verifique el 100% de la obra ejecutada partiendo desde la propia unidad producción, y dejando convenientes registros de todo el proceso.

Para lograr este fin, se cuenta con un amplio equipo de supervisores que permite hacer turnos de 24 horas en los distintos tajos de la obra y un seguimiento y control de la documentación generada en todas las operaciones, de esta manera los posibles fallos o indefiniciones se pueden corregir a tiempo.

Tanto los procedimientos como los "Work-Packs" son distribuidos a todos los departamentos de la obra en el momento en el que son aprobados, para que el personal involucrado pueda conocer previamente a su comienzo como se van a desarrollar los trabajos en la obra y los requisitos de calidad que se solicitan.

Entre los documentos básicos utilizados para el control de calidad en obra dentro del sistema de Acciona, podemos citar los siguientes:

– Programa de recepción de materiales (PRM): Utilizado para la verificación y liberación de los materiales recibidos en obra. Se han generado 50 PRM que se particularizan para cada tipo de material que entra en la obra. Para dar una idea de la magnitud de la tarea hemos de indicar que se han gestionado más de 3.600 toneladas de material de todo tipo, más de 10.000 placas embebidas. Toda esta ingente cantidad de distintos elementos y materiales necesitaban tras su aceptación en almacén, de su inspección y revisión, previa a la liberación para uso en obra.

– Programa de Puntos de Inspección (PPI): Definen las distintas actividades a controlar para cada proceso, los criterios de inspección y aprobación y los agentes involucrados. Se han generado 50 PPI básicos y un gran número de variantes, para cada actividad de la obra. Para cada secuencia del GBS se genera un nuevo PPI. Cada PPI está ligado a su hoja de Inspección, que se rellena en campo según se van completando las fases de la actividad.

– Informes de turno (Shift Report): con el fin de facilitar la comunicación entre turnos (se trabaja las 24 horas del día) y las labores de los inspectores de calidad, se han generado estos formularios, por disciplina y actividad, en los que se refleja cualquier tipo de incidencia ocurrida durante el turno de trabajo por parte del personal del turno saliente, quedando a disposición del turno entrante que tomará las acciones pertinentes para su resolución.

Por último hay que reseñar que toda esta actividad de control tan exhaustivo se traduce en la generación de una importante cantidad de registros de producción y calidad que han de acomodarse a una estructura e índice prefijado por el cliente para todos sus proyectos en todo el mundo. Dicha documentación ha de entregarse durante el proceso de ejecución y de forma previa a la apertura de una actividad relacionada con la anterior.

ta about the hours of training imparted to date are shown in table 8.

One final stage following the completion of any activity, is system feedback. This phase starts with the review of the documentation, which is then submitted for approval by client, as final project documentation. Production results are also reviewed, followed by the closing and resolution of non conformances, if any. All these issues are discussed at a joint meeting with the representatives of each company. From this Lessons Learned Meeting, valuable conclusions are drawn to improve workmanship and after this a joint assessment is made on the errors/hits achieved, which are then used as feedback for the following phase of the project and to lay the foundations for the start of the next activity.

7.3. Quality Control. QC

As for quality control, the exacting demands of an Off-Shore project and the requests of our client, mean that all the items constructed will be inspected, reviewed and verified, starting from the production unit itself and any relevant records of the process will be kept .

To accomplish this, provision has been made for a sizeable team of supervisors that allows 24 hour shifts to be organised in the different workplaces of the site. It is also possible to monitor and control the documents generated by all the operations. In this way, any defects or ambiguities can be made good and clarified, in due time.

Both procedures and "Work-Packs" are distributed to all site departments, the moment they are approved, so that the people involved can learn in advance, how work is going to proceed on site and the required quality demands.

Among the basic documents used for quality control purposes on site, within Acciona's system, the following can be named:

– Materials Receiving Program (MRP): It is used to verify and release the materials received on site. 50 MRPs have been generated and itemised for each type of material reaching the site. To give some idea of the magnitude of the task, suffice it to say that more than 3,600 tons of materials of all kinds, and

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

in excess of 10,000 embedded plates have been managed. All this huge amount of different items and materials had to be, once received in the store, inspected and reviewed, before being released to the site.

– Inspection Points Program (IPP): It defines the different activities to be controlled for each process, the inspection and approval criteria and the people involved. 50 basic IPPs have been generated and a great deal of variants, for each site activity. For each GBS sequence, a new IPP is generated. Each IPP is linked to its inspection sheet, which is filled in the field, as the different phases of the activity are being completed.

– Shift Report: in order to facilitate communication between shifts (a 24 hour working day is in place) and the tasks of the quality inspectors, provision has been made for these forms, according to discipline and activity, where indication is given of any kind of incidence, that has taken place during the shift, by the outgoing shift and put a the disposal of the incoming shift, for the taking of the relevant measures to resolve it.

Finally, it should be noted that all this intense control activity generates a considerable amount of production and quality records, that must be structured and made to comply with an index previously drawn up by client, for all its projects around the world. Said documentation must be submitted during the execution process and ahead of the opening of a new activity, associated with the previous one. These large volumes are digitised, for security reasons, and sent to client for final approval. Approximately, a total of 2,600 volumes will be generated in this project, until is fully completed.

8. PROJECT OCCUPATIONAL ACCIDENT PREVENTION MANAGEMENT

Acciona Infraestructuras S.A. has given special consideration, in this project, to the Occupational Accident Prevention Staff, throughout the development of the construction phase of the Adriatic LNG Floating Caisson Structure. The corner stone of the present prevention program is the assessment of the risks inherent to any activity, before this has started.

Prior to the commencement of each construction phase, a Workpack is prepared, detailing the work method for that operation. The Job Safety Analysis (JSA) is an integral part of the workpack. The method for the preparation of a JSA consists in dividing the tasks in small steps, and assess the risks that affect each step in particular. By identifying the hazards, we can mitigate the risk of an accident by applying appropriate control measures. The JSA is drawn up by a team made up of staff from accident prevention and production heads, typically, several days or weeks before the commencement of the activity.

In addition to the JSA, a Task Safety Analysis – (TSA) is also prepared. The TSA is drawn up by the work Supervisor, in conjunction with the person involved in the particular task. The TSA is prepared just before the start of each task.

Some of the activities are regarded as "highly dangerous" during construction; the risk inherent to said activities are then assessed by a team with extensive experience in accident prevention, in conjunction with the Heads of Production.

In assessing construction risks, a common factor is always going to be the need that the worker has proper training. Each individual working on the Adriatic LNG project receives several hours of introductory basic training. Additional specific training is further imparted where required. Said training can include work in high places, entering confined spaces, work in slippery areas, etc.

The opportunity to receive and/or share information must never be passed by. For this reason, so-called "tool box" or training talks are frequently held. The subjects discussed at these talks include: proper use of EPP, proper use of stairs, handling of concrete, etc. On several occasions, large meetings have been held on accident prevention, usually to mark a milestone, such as each million of hours worked without a serious accident. At these special meetings gifts may be presented to outstanding workers, on account of their special involvement in individual or group safety issues.

During periods of greater activity on the project and during the slipforming sequence operations, it shall be necessary to work 24 hours a day, 7 days a week. To accomplish the required safety

Estos voluminosos volúmenes, se digitalizan como medida de seguridad, y se envían al cliente para su aprobación final. En este proyecto se van a generar hasta su total terminación, un total aproximado de 2.600 volúmenes.

8. GESTIÓN DE LA PREVENCIÓN EN OBRA

Acciona Infraestructuras S.A. ha tenido especial consideración en esta obra con el personal de prevención de riesgos laborales a lo largo de toda la fase de construcción de la Estructura de Cajón Flotante de Adriatic LNG. La piedra angular del programa de prevención en curso es evaluar los riesgos inherentes a cualquier actividad antes de que ésta haya comenzado.

Previamente al comienzo de cada fase de la construcción, se elabora un "Workpack" o paquete de trabajo detallando el método de trabajo para esa operación. Parte del paquete de trabajo es un Análisis de Prevención por Proceso de Trabajo (JSA). El proceso de realización de un JSA consiste en dividir el trabajo en pequeños pasos y analizar los peligros que afectan particularmente a cada uno de dichos pasos. Identificando los peligros, se puede mitigar el riesgo de accidente aplicando medidas de control adecuadas. El JSA lo elabora un equipo formado por personal de prevención y jefes de producción normalmente varios días o semanas antes del comienzo de una actividad.

Además del JSA, se elabora un Análisis de Prevención de Tareas (Task Safety Análisis - TSA). El TSA lo realiza el Encargado y/o Supervisor junto con la persona implicada en la tarea concreta. El TSA se realiza justo antes de comenzar cada nueva tarea.

Algunas de las actividades se consideraron "altamente peligrosas" durante la construcción; el riesgo que conllevaban dichas actividades fue evaluado por un equipo experimentado de asesores en prevención, de conjunto con los Jefes de Producción.

Cuando se analizan los riesgos de la construcción, un factor común siempre va a ser la necesidad de que el trabajador cuente con una formación adecuada. Cada trabajador de la obra de Adriatic

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

LNG recibe varias horas de formación introductoria básica. Se da además una formación específica adicional en los casos en que se hace necesario. Esta puede incluir trabajos en altura, entradas a espacios confinados, trabajos en zonas deslizantes, etcétera.

Nunca hay que desaprovechar una oportunidad de recibir formación y/o compartir información, por lo que se llevan a cabo lo que se denominan "tool box" o charlas formativas de forma frecuente. Los temas de estas charlas incluyen asuntos tales como el uso correcto de EPP, uso correcto de escaleras, trabajos con hormigón, etc. En varias ocasiones se han celebrado reuniones masivas sobre prevención, normalmente para celebrar un hito como cada millón de horas de trabajo sin accidentes serios. En estas reuniones especiales se suelen entregar regalos a los trabajadores destacados por su especial implicación en la seguridad individual y colectiva.

Durante los períodos más activos del proyecto y durante las operaciones de las secuencias de deslizado, es necesario trabajar 24 horas al día, 7 días a la semana. Para conseguir seguridad en todo momento, se necesita contar o contratar hasta ocho Técnicos en Prevención. Estos son ayudados por un equipo de trabajadores dedicados a 'tareas internas' y otras tareas relacionadas con la seguridad.

En el proyecto se desarrolló un Plan de Respuesta a Emergencias ("ERP" - Emergency Response Plan) para asegurar que, en caso de accidente, todos supieran cómo reaccionar. Un médico, una enfermera y una ambulancia se encuentran en la obra en todo momento mientras se realiza el trabajo. Además, existe permanentemente en la obra personal especializado en rescate, ayudado por trabajadores formados localmente para operaciones de rescate.

Los trabajos simultáneos en el entorno de la misma vertical pero a distintas alturas, el trabajo que se realiza en las celdas y otros procesos de índole similar se controlan mediante "permisos de trabajo". El permiso de trabajo lo obtiene el supervisor del trabajo concreto del coordinador de permisos. Esto permite al coordinador, miembro del Equipo de Seguridad, asegurarse de que los procesos de trabajo no presenten un peligro debido a la falta de previsión o de información. Por ejemplo, si se ha concedido un permiso de pintado para realizarlo en una celda, el coordinador sabe que no puede conceder un permiso para soldar en la celda contigua.

standards at all times, it shall be necessary to rely upon or retain the services of up to eight Accident Prevention Engineers. These are supported by a team engaged in "internal tasks" or in other safety-related activities.

During the development of the project, an Emergency Response Plan (ERP) was drawn up, to ensure that, in case of an accident, everybody knew what to do. A doctor, a nurse and an ambulance are always present on site, while work is in progress. In addition to this, there are always specialists in rescue operations available on site, supported by operatives locally trained to perform rescue operations.

Simultaneous operations performed in the surroundings of the plumb line high above, but at different elevations, the work executed in the cells and other processes of a similar nature, are controlled by means of "work permits". Said work permits are secured by the supervisor of the task in question, from the work permits co-ordinator. This allows the co-ordinator, who is a member of the Health and Safety Team, to ensure that the work processes do not pose a risk, due to a lack of foresight or information. To illustrate, if a paint work permit has been issued for a cell, the co-ordinator knows that no permit can be issued to weld on the adjacent cell.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

FICHA TÉCNICA

- **Cliente:**
  Ras Laffan Liquefied Natural Gas Company Ltd (ExxonMobil, Edison SpA., the Government of Qatar)

- **Contratista e Ingeniería:**
  Aker Kvaerner AS, Skanska AS

- **Subcontratista Principal a cargo de la Construcción del GBS, de las Instalaciones Electromecánicas Incluidas, Barrera de Vapor y Aislamiento de los recintos de los tanques GNL y de las Instalaciones e Infraestructuras Auxiliares:**
  ACCIONA INFRAESTRUCTURAS S.A.
  Director de Proyecto: D. Ignacio Martín Poviña. ICCP
  Gerente de Proyecto: D. Félix Ambrosio Račič. ICCP
  Jefe del Depto. de Calidad y Medio Ambiente de Obra: D. Antonio Arcas Pedregosa. ICCP
  Jefe del Depto. de Ingeniería de Obra: D. Lawrence Kaufer. ICCP
  Jefe del Depto. de Instalaciones Electromecánicas de Obra: D. Mohamed Lotfy. BS'c
  Jefe de Obra Civil del GBS: D. David Jiménez Galindo. ICCP
  Jefe de Seguridad y Salud: John Knight. CMIOSH

- **Obra Civil, Acero Pasivo.**
  Armasur

- **Trabajos de Postesado:**
  PT ADRIÁTICO UTE (Freyssinet-BBR-VSL)

- **Encofrados Deslizantes:**
  Gleitbau GmbH

- **Elevación de Cargas Especiales:**
  Mammoet

- **Estructuras Metálicas y Tubería, Instalaciones Mecánicas:**
  Comomin
  Monesa
  Prometalia
  Meycagesal
  Maristany

- **Instalaciones Eléctricas e Instrumentación**
  G.S.I. S.A.
  D. Javier Domínguez

- **Laboratorio Diseño de hormigones**:
  IBERINSA
  D. Máximo Santamaría González. ICCP

- **Laboratorio in situ de Obra Civil:**
  SERGEYCO
  D. Francisco José Moreno Aguado . ITOP

- **Laboratorios para ensayos especiales al hormigón, componentes y aceros:**
  Laboratorio de Hormigones de la ETS. ICCP de Madrid.
  Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC.
  SINTEF- Noruega
  LADICIM Universidad de Cantabria

- **Laboratorio e inspección de estructuras metálicas y tubería:**
  SCI
  D. Juan Aparicio Lázaro. II, EWEng.

- **Laboratorio y seguimiento del Plan de Gestión Medioambiental:**
  INTERLAB y SGS

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Sistemas para Construcción Subterránea



BASF

The Chemical Company

El Campo de la Construcción de **Grandes Obras Subterráneas,** se encuentra en un período de constante y profunda innovación tecnológica. Estos avances engloban desde la técnica de excavación de túneles con perforación y voladura hasta el tratamiento de terreno exigido en la excavación mecánica con máquinas tuneladoras tipo TBM. Gracias a nuestra proyección internacional, estamos a la vanguardia en las últimas innovaciones tecnológicas. La división de UGC, de **BASF Construction Chemicals,** proporciona asesoramiento técnico en todas y cada una de las parcelas en las que está dividida la construcción de túneles...

- **Diseño de Hormigones Especiales para Revestimiento**
- **Impermeabilización de Túneles**
- **Inyección y Consolidación de terrenos, Jet Grouting**
- **Productos para excavación de terrenos con Tuneladoras TBM en sus diferentes modalidades**
- **Protección contra el Fuego**
- **Equipos y aditivos para Hormigón proyectado**
- **Minería**

A través de la participación de **BASF Construction Chemicals** en los proyectos más significativos, el departamento de I+D está en constante evolución y creación de novedosos productos para cualquier requerimiento o especificación técnica que se necesite a pie de obra.

BASF Construction
Chemicals España, S.L.
Basters, 15
08184 Palau-solità i Plegamans
(Barcelona)
Tel. 93 862 00 00 - Fax 93 862 00 20
basf-cc@basf-cc.es/www.basf-cc.es

Adding Value to Concrete

Por favor remítanme información sobre
UGC
Sr./a.
Empresa
Cargo
Dirección
Población
Telf.
C.P.

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

VALENCIA CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTRUCTURAS 24 AL 27 | NOVIEMBRE | 2008

CONCURSO DEL CARTEL ANUNCIADOR DEL IV CONGRESO DE ACHE

Se convoca el presente concurso con arreglo a las bases siguientes.

Los trabajos han de ser originales e inéditos. El tema es libre y en el cartel debe figurar:

Congreso Internacional de Estructuras
IV Congreso de la Asociación Científico-técnica del Hormigón Estructural
Del 24 al 27 de noviembre de 2008. Valencia y también el logotipo de la asociación. Dicho logotipo se puede descargar desde www.e-ache.com.

Los originales medirán 50 x 70 cm, incluyendo márgenes, en formato vertical e irán montados sobre soportes rígidos y ligeros (cartón pluma) que permitan su exposición, colgados. El procedimiento de ejecución es libre, a condición de que no ofrezca dificultades para su posterior impresión.

Para garantizar el anonimato de los concursantes, los trabajos presentados no estarán firmados, llevando como única identificación, en la parte posterior, un lema compuesto por seis caracteres. Cada concursante entregará, junto con su trabajo, un sobre cerrado en cuyo exterior irá escrito, únicamente, el lema antes citado, y en el interior se indicarán los siguientes datos: nombre del concursante, domicilio, teléfono de contacto y DNI o CIF.

El plazo para la admisión de los trabajos finalizará a las 14:00 horas del día 7 de mayo de 2008 y deberán presentarse en el:
COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE VALENCIA
[illegible]
Tel. [illegible], Fax [illegible]
E-mail: [illegible]
Asunto: Concurso de Carteles Ache 2008

Serán rechazados los trabajos que lleguen una vez transcurrido dicho plazo.

Se establece un premio de 2.750 € y dos accésit dotados con 600 € cada uno. Los trabajos no premiados podrán ser retirados por sus autores en un plazo máximo de 30 días a partir del fallo del Jurado, entendiéndose que transcurrido este período los autores renuncian a todo derecho sobre los mismos.

Los originales de los trabajos premiados quedarán en exclusiva propiedad de ACHE. Esta podrá destinarlos al uso que más convenga, sin alterar de modo sustancial su carácter.

Los trabajos [illegible] en la sede del Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Valencia, a partir del 14 de mayo de 2008.

El [illegible] su fallo, que será [illegible] el día 9 de junio de 2008.

www.e-ache.com



Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026



SCI
CONTROL & INSPECCION

Edificación y Obra Civil.

Ensayos No Destructivos.

Ensayos Mecánicos.

O.C.A.

Inspección Industrial.

www.scisa.es

902 88 88 31

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026

Hormigón y acero

últimos números publicados



ache

Base de datos de artículos publicados en números anteriores disponible en:

http://www.e-ache.com

Documento descargado de www.e-ache.com el 23/11/2026