

Formato y Guía para presentación de artículos académicos y científicos

ISAAC VIZCARRA PALOMARES

AI20760042@ite.edu.mx

Standards and criteria for the storage of natural gas.

RESUMEN: *El gas natural es un recurso energético fundamental para la sociedad actual, utilizado en diversos sectores como la generación de electricidad, la calefacción, la industria y el transporte. Su almacenaje seguro y eficiente es crucial para garantizar un suministro continuo y confiable. En este artículo, analizaremos las normas y criterios que regulan el almacenaje de gas natural, con el objetivo de brindar una visión completa sobre este tema relevante.*

PALABRAS CLAVE: Superávit, gas licuado, acuífero, yacimientos, hidrocarburos.

ABSTRACT. *Natural gas is a fundamental energy resource for today's society, used in various sectors such as electricity generation, heating, industry and transportation. Its safe and efficient storage is crucial to guarantee a continuous and reliable supply. In this article, we will analyze the standards and criteria that regulate the storage of natural gas, with the aim of providing a complete vision of this relevant topic.*

Keywords. *Surplus, liquefied gas, aquifer, deposits, hydrocarbons.*

1 INTRODUCCIÓN

El gas natural es visto en la actualidad como una de las principales y más relevantes fuentes de energía, usada tanto para uso doméstico como para uso industrial o comercial, es un tipo de energía menos dañina para el medio ambiente, seguro, accesible en términos económicos y la única alternativa que, en la práctica, puede sustituir masivamente al carbón y a los petrolíferos en diversos usos.

Ahora bien, es sabido que la seguridad energética, se refiere, por un lado, a la capacidad que se tiene como país para mantener un superávit energético que brinde la certidumbre de que las actividades productivas podrán seguir desarrollándose con continuidad y con insumos energéticos de calidad, y por otro, en el sentido de previsión.

También es conocido que, en la actualidad nuestro país es importador de este energético, por lo cual para incrementar la oferta de gas en el país se consideran dos opciones:

2 LA IMPORTANCIA DEL ALMACENAJE DEL GAS NATURAL.

El gas natural se ha convertido en una fuente de energía fundamental en el mundo actual, tanto para uso doméstico como industrial y comercial. Su versatilidad, precio accesible y menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles lo han posicionado como una alternativa atractiva. Sin embargo, a diferencia de otras fuentes de energía como la electricidad, el almacenamiento del gas natural presenta desafíos únicos.

Aquí es donde radica la importancia del almacenaje de gas natural. Este proceso juega un papel crucial para garantizar un suministro confiable y seguro de este combustible, ofreciendo diversos beneficios que impactan tanto en la seguridad energética como en la economía:

2.1 EQUILIBRIO ENTRE OFERTA Y DEMANDA.

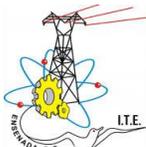
La producción de gas natural no siempre se ajusta a la demanda en tiempo real. El almacenamiento permite almacenar el excedente de gas durante los periodos de baja demanda para luego liberarlo cuando la demanda aumenta, como en los meses de invierno. Esto ayuda a evitar fluctuaciones bruscas en los precios y garantiza un suministro constante para los consumidores.

2.2 SEGURIDAD ENERGETICA.

El almacenamiento de gas natural es crucial para la seguridad energética de un país. Reservas almacenadas de gas natural pueden ser utilizadas en caso de interrupciones en el suministro, ya sea por eventos climáticos, desastres naturales o conflictos geopolíticos. Esto protege a los países de la dependencia de proveedores externos y garantiza el acceso a una fuente de energía vital.

2.3 SEGURIDAD ENERGETICA.

El almacenamiento de gas natural es crucial para la seguridad energética de un país. Reservas almacenadas de gas natural pueden ser utilizadas en caso de interrupciones en el suministro, ya sea por eventos climáticos, desastres naturales o conflictos geopolíticos. Esto protege a los países de la dependencia de proveedores externos y garantiza el acceso a una fuente de energía vital.



2.4 OPTIMIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.

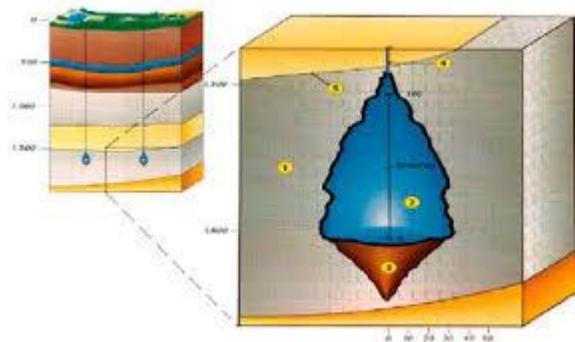
El almacenamiento permite optimizar el uso de la infraestructura de transporte de gas natural. Al almacenar gas durante los periodos de baja demanda, se reduce la necesidad de transportar grandes cantidades de gas en momentos de alta demanda, lo que alivia la presión sobre los gasoductos y otras instalaciones.

2.5 METODOS DE ALMACENAMIENTO

Existen dos métodos principales para almacenar gas natural:

Almacenamiento subterráneo: El gas natural se inyecta en formaciones rocosas o acuíferos subterráneos que tienen estructuras geológicas adecuadas para contenerlo. Este es el método más común y seguro de almacenamiento a gran escala.

Almacenamiento en superficie: El gas natural se almacena en tanques o buques a presión ambiente o refrigerado. Este método se utiliza generalmente para almacenar pequeñas cantidades de gas o para almacenamiento a corto plazo.



Almacenamiento en superficie.



3 NORMAS Y CRITERIOS PARA ALMACENAR GAS NATURAL

El almacenamiento de gas natural es una actividad crítica para garantizar un suministro confiable y

seguro de esta fuente de energía. Debido a los riesgos que implica el manejo de grandes cantidades de gas a presión, existen diversas normas y criterios que regulan el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento.

Estas normas y criterios tienen como objetivo principal prevenir accidentes y proteger a las personas, el medio ambiente y las propiedades aledañas.

NORMAS INTERNACIONALES:

- Código ASME B31.12: Código ASME B31.12 para el almacenamiento de gas natural

El Código ASME B31.12 es un conjunto de normas y requisitos técnicos que establecen los criterios mínimos de seguridad para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de almacenamiento de gas natural licuado (GNL) y de gas natural en fase gaseosa a presión a baja temperatura.

Este código fue desarrollado por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y es reconocido como un estándar internacional para la industria del gas natural. Su objetivo principal es prevenir accidentes y proteger a las personas, el medio ambiente y las propiedades aledañas.

- Norma ISO 11630: La Norma ISO 11630:2016 establece directrices para la selección, diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de almacenamiento de gas natural en forma gaseosa o licuada.

El objetivo principal de esta norma es garantizar la seguridad y confiabilidad de las instalaciones de almacenamiento, protegiendo a las personas, el medio ambiente y las propiedades aledañas.

- Reglamentaciones de la Asociación Internacional del Transporte de Gas Líquido (SIGLC): Estas reglamentaciones establecen requisitos de seguridad para el transporte y almacenamiento de GNL a nivel internacional.

NORMAS NACIONALES:

Cada país tiene sus propias normas y criterios específicos para el almacenamiento de gas natural. En México, las normas más relevantes son:

- NOM-013-ASEA-2021: Esta norma establece los requisitos de seguridad para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones de almacenamiento y regasificación de gas natural licuado (GNL).
- NOM-001-SECRE-2010: Esta norma establece las especificaciones que debe cumplir el gas



natural que se maneja en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural.

- NOM-002-SECRE-2010: Esta norma establece los requisitos mínimos de seguridad para las instalaciones de aprovechamiento de gas natural.

4 CRITERIOS ESCENCIALES PARA UN ALMACENAMIENTO SEGURO Y EFICIENTE

1. Ubicación:

- Las instalaciones de almacenamiento deben ubicarse en zonas alejadas de áreas pobladas, centros educativos, hospitales y otras áreas sensibles.
- Se deben considerar factores como la topografía del terreno, la densidad poblacional y la presencia de actividades incompatibles con el manejo de gas natural.
- Deben existir zonas de seguridad adecuadas alrededor de las instalaciones para minimizar los riesgos en caso de accidentes.

2. Diseño:

- El diseño de las instalaciones debe considerar la capacidad de almacenamiento, la presión máxima de operación, los materiales de construcción, los sistemas de seguridad y las medidas de control ambiental.
- Se deben utilizar materiales resistentes y de alta calidad que puedan soportar las condiciones de presión y temperatura a las que se someterá el gas.
- Los sistemas de seguridad deben incluir válvulas de alivio de presión, detectores de gas, sistemas de extinción de incendios y planes de emergencia.

3. Operación:

- Las instalaciones de almacenamiento deben operar bajo la supervisión de personal capacitado y siguiendo procedimientos seguros.
- Se deben realizar inspecciones periódicas para verificar el estado de las instalaciones y equipos.
- Se deben implementar programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones.
- Se debe contar con planes de emergencia para responder a posibles incidentes o accidentes.

4. Mantenimiento:

- Las instalaciones de almacenamiento deben someterse a un mantenimiento regular para garantizar su buen funcionamiento y prevenir fallos.

- Las inspecciones y mantenimientos deben realizarse por personal calificado y siguiendo las recomendaciones del fabricante.
- Se deben mantener registros detallados de las inspecciones y mantenimientos realizados.

5. Eficiencia:

- Se deben utilizar tecnologías y procesos que optimicen el uso de la energía y reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Se deben implementar medidas para minimizar las pérdidas de gas durante el almacenamiento y la operación.
- Se deben realizar auditorías energéticas periódicas para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética.

6. Cumplimiento de normas y criterios:

- Las instalaciones de almacenamiento deben cumplir con todas las normas y criterios aplicables a nivel nacional e internacional.
- Se deben obtener los permisos y licencias necesarios para operar las instalaciones.
- Se deben realizar auditorías periódicas para verificar el cumplimiento de las normas y criterios.

7. Seguridad del personal:

- Se deben implementar programas de seguridad para proteger al personal de los riesgos asociados al manejo de gas natural.
- Se deben proporcionar al personal equipos de protección personal adecuados.
- Se deben realizar capacitaciones periódicas sobre seguridad y manejo de gas natural.

8. Protección del medio ambiente:

- Se deben implementar medidas para minimizar el impacto ambiental de las instalaciones de almacenamiento.
- Se deben prevenir y controlar las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes.
- Se deben realizar monitoreos ambientales periódicos para evaluar el impacto de las instalaciones en el medio ambiente.

9. Comunicación con la comunidad:

- Se debe mantener una comunicación abierta y transparente con la comunidad sobre las actividades de almacenamiento de gas natural.
- Se deben informar a los residentes sobre los riesgos potenciales y las medidas de seguridad que se toman.



- Se deben realizar simulacros de emergencia para preparar a la comunidad para responder a posibles incidentes.
10. Gestión de riesgos:
- Se debe realizar una evaluación de riesgos para identificar los peligros potenciales asociados a las instalaciones de almacenamiento.
 - Se deben implementar medidas para mitigar los riesgos identificados.
 - Se deben realizar revisiones periódicas de la evaluación de riesgos para actualizarla y adaptarla a los cambios en las condiciones..

5 TECNOLOGIAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE GAS

El almacenamiento de gas natural se puede clasificar en cuatro tecnologías centrales: yacimientos de hidrocarburos agotados, cavernas salinas, acuífero y tanques de gas natural licuado.

Es necesario distinguir entre el gas base y el gas de trabajo. El gas base se refiere a la cantidad mínima de gas requerida para la operación de la instalación de almacenamiento con la presión necesaria para extraer el gas de trabajo, es decir, es un inventario mínimo permanente. El gas de trabajo es el combustible que se puede extraer y comercializar.

5.1 ALMACENAMIENTO SUBTERRANEO

La forma más común de almacenar gas natural es a partir de tres tipos de almacenamiento subterráneo: yacimientos de hidrocarburos agotados, acuíferos confinados y cavernas salinas. Al cierre de 2020 existían 661 instalaciones de almacenamiento subterráneas a nivel mundial con una capacidad total de almacenamiento de 423 mil millones de pies cúbicos, equivalentes al 11% de la demanda global anual. En México actualmente no existe infraestructura de este tipo.

5.2 YACIMIENTOS DE HIDROCARBUROS AGOTADOS

El almacenamiento de gas natural en yacimientos de hidrocarburos agotados o cuya extracción es económicamente inviable es la tecnología más común a nivel mundial. La factibilidad geológica del yacimiento depende de su permeabilidad (propiedades de la roca para transmitir agua), porosidad (volumen de espacios vacíos en la roca) y capacidad de retención de los

yacimientos. A partir de ello es posible determinar los volúmenes para la inyección y extracción de gas natural.

Una cuestión clave es que los yacimientos deben estar cerca del centro de consumo o de la infraestructura de transporte. En este sentido, los yacimientos agotados de hidrocarburos tienen la ventaja de ser abundantes en México y al haber sido usados para la extracción de hidrocarburos de contar con acceso a infraestructura.

5.3 ALMACENAMIENTO EN TANQUES DE GAS NATURAL LIQUADO

El gas natural se transforma a un estado líquido mediante un proceso de criogenización que llega a -160° grados Celsius y presión alta. Mediante la criogenización, el gas se transforma en líquido y reduce su volumen en aproximadamente 600 veces (1/600), lo que facilita su almacenamiento y transporte.

México cuenta con las terminales de almacenamiento y regasificación de Altamira, Manzanillo y Ensenada, que en este momento representan la totalidad de la infraestructura en México.

Aunque los tanques de gas natural licuado permiten almacenar el combustible, no representan la forma más eficiente de almacenamiento, especialmente por sus costos comparativamente más elevados, como se desglosa en las siguientes secciones. En el mundo, la tecnología de tanques se utiliza principalmente para importaciones de GNL, no con el fin último de almacenar este combustible para acumular inventarios.

5.3.1 MATERIALES PARA TANQUES DE GAS LICUADO

Los tanques de gas natural licuado (GNL) están hechos de diversos materiales, cada uno con sus propias propiedades y características que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones. Los materiales más comunes incluyen:

1. Acero al níquel:

- Composición: Aleación de acero con contenido de níquel de entre 9% y 12%.
- Propiedades: Alta resistencia a la temperatura criogénica (-161°C), ductilidad, tenacidad y resistencia a la corrosión.
- Aplicaciones: Tanques de almacenamiento de GNL a gran escala, tanques de transporte marítimo y terrestre, y tuberías de GNL.

2. Acero inoxidable:

- Composición: Aleación de acero con alto contenido de cromo (10-18%) y otros elementos como níquel, molibdeno y manganeso.



- Propiedades: Excelente resistencia a la corrosión, buena resistencia a la temperatura criogénica, ductilidad y tenacidad.
 - Aplicaciones: Tanques de almacenamiento de GNL de menor tamaño, tuberías de GNL y componentes para sistemas de manejo de GNL.
3. Hormigón pretensado:

- Composición: Concreto reforzado con cables o barras de acero de alta resistencia que se tensan antes del fraguado del concreto.
 - Propiedades: Alta resistencia a la compresión, durabilidad, resistencia al fuego y bajo costo.
 - Aplicaciones: Tanques de almacenamiento de GNL de gran volumen, principalmente en instalaciones terrestres.
4. Materiales compuestos:

- Composición: Combinación de dos o más materiales, como fibra de vidrio, fibra de carbono o resina epoxi.
- Propiedades: Alta resistencia a la tracción, peso ligero, resistencia a la corrosión y capacidad aislante.
- Aplicaciones: Tanques de almacenamiento de GNL portátiles, tanques de GNL para vehículos y componentes para sistemas de manejo de GNL.

La elección del material para un tanque de GNL depende de varios factores:

- Tamaño y capacidad del tanque: Los tanques de gran volumen suelen ser de hormigón pretensado, mientras que los tanques más pequeños pueden ser de acero al níquel, acero inoxidable o materiales compuestos.
- Aplicación: Los tanques para transporte marítimo o terrestre requieren materiales de alta resistencia y ductilidad, mientras que los tanques de almacenamiento estacionario pueden ser de materiales más económicos como el hormigón pretensado.
- Costo: Los materiales compuestos pueden ser más costosos que el acero o el hormigón, pero pueden ofrecer ventajas en términos de peso y rendimiento.
- Consideraciones ambientales: Algunos materiales, como el hormigón pretensado, tienen una menor huella de carbono que otros.

Es importante destacar que el diseño y la construcción de tanques de GNL deben cumplir con estrictos códigos y normas de seguridad para garantizar su integridad y prevenir fugas o explosiones.

6 Conclusiones

El almacenaje de gas natural es una actividad crucial para

garantizar un suministro seguro y confiable de este recurso energético. Las normas y criterios establecidos por organizaciones como NFPA, ASME y API proporcionan un marco regulatorio esencial para asegurar el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de instalaciones de almacenaje que cumplan con los más altos estándares de seguridad y eficiencia. La consideración de aspectos ambientales y de seguridad pública es fundamental para minimizar el impacto de esta actividad y contribuir al desarrollo sostenible del sector energético.

7 REFERENCIAS

- [1] Gobierno de México. (2023). Importancia del gas natural. <https://www.gob.mx/cenagas/articulos/importancia-del-gas-natural?idiom=es>
- [2] Pérez-Rodríguez, M. A., & Sánchez-Ochoa, G. (2017). El almacenamiento de gas natural: Una revisión. *Dialnet*, 1, 1-16. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6855792>
- [3] Secretaría de Energía (SECRE). (2010). NOM-001-SECRE-2010 - Especificaciones de calidad del gas natural que se utiliza en los sistemas de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3997/sener/sener.htm>
- [4] American Society of Mechanical Engineers (ASME). (2021). ASME B31.12 - Refrigerated and cryogenic storage tanks and piping. <https://www.asme.org/codes-standards/find-codes-standards/b31-12-hydrogen-piping-pipelines>
- [5] U.S. Energy Information Administration. (2024, January 29). Natural Gas: A Primer. Retrieved from <https://www.eia.gov/naturalgas/>
- [6] Gas Technology Institute. (n.d.). The Future of Natural Gas. Retrieved from <https://www.gti.energy/>
- [7] American Petroleum Institute (API). (2016). Recommended Practice for Underground Storage of Natural Gas (API 1162). API.