

ENERLAC

Edición 2012 - Año IV - Vol. 4

13

Reflexiones sobre la Integración Energética en América Latina y el Caribe: Recomendaciones para la Superación de Barreras
Reflections on Energy Integration in Latin America and the Caribbean: Recommendations for Overcoming Barriers

33

Sustentabilidad Macroeconómica de Mercados Energéticos con Regulación por Incentivos - El Caso Argentino
Macroeconomic Sustainability of Energy Markets Regulated Through Incentives - The Case of Argentina

64

Integración Eléctrica en Latinoamérica y el Caribe: Barreras y Análisis de Esquemas Regulatorios
Power Integration in Latin America and the Caribbean: Barriers and Analysis of Regulatory Schemes

83

Energía Sostenible para América Latina y el Caribe
Sustainable Energy for Latin America and the Caribbean

101

Agua, Energía y Seguridad Energética en la República Dominicana
Water, Energy and Energy Safety in the Dominican Republic

olade

Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization
Organisation Latino-américaine d'Énergie
Organização Latino-Americana de Energia

olade

Organización Latinoamericana de Energía
Latin American Energy Organization
Organisation Latino-américaine d'Énergie
Organização Latino-Americana de Energia

2012

ARGENTINA · **BARBADOS** · BELICE · **BOLIVIA** · BRASIL · **CHILE** · COLOMBIA · **COSTA RICA**
CUBA · **ECUADOR** · EL SALVADOR · **GRENADA** · GUATEMALA · **GUYANA** · HAITI · **HONDURAS**
JAMAICA · **MEXICO** · NICARAGUA · **PANAMA** · PARAGUAY · **PERU** · REPUBLICA DOMINICANA
SURINAME · TRINIDAD & TOBAGO · **URUGUAY** · VENEZUELA · **ARGELIA**



Victorio Oxilia

Secretario Ejecutivo
Executive Secretary

Néstor Luna

Director de Estudios y Proyectos
Studies and Projects Director

Fernando Ferreira

Director de Integración
Integration Director

Patricio Izquierdo

Asistente de Comunicación
y Relaciones Institucionales
*Communications and Institutional
Relations Assistant*

Agradecemos a los profesionales que realizaron la revisión por pares de los artículos de la presente edición:
We thank the professionals involved in the peer review of the articles in the present issue:

Byron Chiliquina, Gabriel Hernández, Lennys Rivera, Gabriel Salazar

Además a las personas que trabajaron en la traducción de los textos que incluye la presente edición:
Besides, the people who collaborated with the translation of the texts included in this edition:

Gabriela Martínez, Marina Castro

Agradecimiento a Ana María Arroyo por su aporte en el diseño de la presente edición.
Thanks to Ana María Arroyo for her support in the design of the present edition.

Los criterios y opiniones expresados en los artículos presentados en esta revista son responsabilidad del autor y no comprometen a OLADE en ningún caso.

The criteria and opinions expressed in the articles included in this magazine are responsibility of the authors and do not compromise the views of OLADE in any case.

Se permite la reproducción total o parcial de este documento a condición de que se mencione la fuente.
Total or partial reproduction of this document is allowed only if source is mentioned.

Fotografía de portada pertenece a "Acervo Itaipu Binacional". Agradecemos el permiso para su uso.
Front cover picture is owned by "Acervo Itaipu Binacional". We thank for the permission to use it.

ACERCA DE LOS AUTORES / ABOUT THE AUTHORS

Jean Luc Allard

El Sr. Allard es ingeniero mecánico de la Universidad de Sherbrooke, Canadá y Vicepresidente de la División de Medio Ambiente de SNC-Lavalin Inc. Tiene más de 28 años de experiencia en el campo del medio ambiente. Es responsable del departamento de calidad del aire, cambio climático, acústico, vibraciones, y explosivos. Participa activamente en el plan de la acción del SNC-Lavalin Inc. con respecto al cambio climático. Es responsable de desarrollo de productos relacionado a asuntos globales ambientales que utilizan tecnologías de vanguardia, para el desarrollo de asuntos de cambio climático dentro de la compañía y para clientes externos. Actúa regularmente como testigo experto, orador en foros ambientales y como un especialista en audiencias públicas.



Mr. Allard is a mechanical engineer from Université de Sherbrooke, Canada and is Vice-president of the Environment Division of SNC-Lavalin Inc.. He has more than 30 years of experience in the environmental field. He is responsible for the air quality, climate change, acoustic, vibrations, and explosives department. He participates actively to the SNC-Lavalin Inc. action plan with regards to climate change. He is responsible for product development related to environmental global issues using state-of-the-art technologies, for the development of climate change issues within the company and for external clients. He acts on a regular basis as an expert witness, speaker in environmental forums and as a specialist in public hearings.

jeanluc.allard@snclavalin.com

Omar Hurtado

El Dr. Omar Hurtado es un ingeniero profesional con más de 10 años de experiencia laboral nacional e internacional en ingeniería civil y ambiental. Ha tomado parte en el diseño y construcción de infraestructura, evaluaciones de recursos energéticos alternativos / renovables / no renovables, análisis de emisiones a la atmósfera, iniciativas de eficiencia energética, gestión de emisiones de carbón y cambio climático, y desarrollo sostenible para importantes compañías petroleras/gasíferas y químicas. También tiene experiencia en la evaluación y gerencia de proyectos, gestión de residuos sólidos, y evaluaciones ambientales/económicas/técnicas de tecnologías innovadoras para inversiones de capital de riesgo. El Dr. Hurtado es Ingeniero Civil de La Universidad de los Andes, Colombia, y tiene una maestría en desarrollo energético sostenible del programa de la Universidad de Calgary (Canadá)/OLADE y un doctorado en Ingeniería Civil de la Universidad de Calgary.



Dr. Omar Hurtado is a professional engineer with over 10 years of national and international work experience in civil and environmental engineering. He has partaken in the design and construction of infrastructure, alternative/renewable/non-renewable energy resource assessments, analysis of air emissions, energy efficiency initiatives, carbon emissions management and climate change, and sustainable development for major oil/gas and chemical companies. He also has experience in evaluating and managing projects, waste management, and environmental/economic/technical assessments of innovative technologies for venture capital investments. Dr. Hurtado is a civil engineer from The University of the Andes, Colombia, and has masters in sustainable energy development from The University of Calgary (Canada)/OLADE program and a doctorate in civil engineering from The University of Calgary.

omar.hurtado@snclavalin.com

Emerson Martínez

El Sr. Martínez es Especialista Sénior de Cambio Climático y Emisiones de Aire para SNC-Lavalin Inc., División de Medio Ambiente (SLE). El Sr. Martínez es ingeniero químico de la Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia con una maestría en ingeniería química de la Universidad de Ottawa. El Sr. Martínez tiene más de 10 años de experiencia en muchos aspectos de consultoría en calidad de aire y cambio climático enfocándose en estudios de modelos de dispersión atmosférica, inventarios complejos de emisión de aire, y en asuntos complejos de energía-cambio climático. Mientras ejerce principalmente en Canadá, él ha completado muchos proyectos internacionales en Centro y Sudamérica (incluyendo Colombia y México) y el Medio Oriente. Está basado actualmente en Ottawa y dirige los servicios de calidad de aire de SLE para Latinoamérica.



emerson.martinez@snclavalin.com

Mr. Martinez is a Senior Climate Change and Air Emissions Specialist for SNC-Lavalin Inc., Environment Division (SLE). Emerson is a chemical engineer from the Industrial University of Santander (UIS), Colombia with a masters in chemical engineering from the University of Ottawa. Mr. Martinez has over 10 years experience in many aspects of air quality and climate change consulting focusing on air dispersion modeling studies, complex air emission inventories, and energy-climate change issues. While primarily practicing in Canada, he has completed many international projects in Central and South America (including Colombia and Mexico) and the Middle East. He is currently based in Ottawa and leads SLE's air quality services in Latin America.

Una metodología sin etiquetado para la reducción de emisiones fugitivas en la industria petrolera

Resumen

Las plantas de procesos Petroquímicos consisten en un gran número de unidades de proceso y tanques de almacenamiento conectados entre sí por una amplia red de tuberías, bombas, válvulas y otros equipos. Todos estos puntos de conexión son fuentes potenciales de fugas conocidas como “emisiones fugitivas de proceso”. Estas emisiones agravan los problemas de smog, salud y seguridad industrial, así como el de cambio climático. El gran número de fuentes

A Tagless Approach to Reduction of Fugitive Emissions for the Oil and Gas Industry

Abstract

Petrochemical plants consist of a large number of process units and tanks connected by a vast array of piping, pumps, valves and other equipment. All connections are potential sources of leaks called process fugitive emissions. These emissions contribute to smog, health and safety issues, and climate change. The large number of potential leak sources makes the logistics of maintenance a potentially difficult and costly management problem. This paper presents an innovative tagless system to track

potenciales de fugas hace que la logística del mantenimiento de las plantas petroquímicas se convierta en un problema de manejo potencialmente difícil y costoso. Esta investigación plantea un innovador sistema “sin etiquetado” para rastrear las emisiones fugitivas en lugar de los actuales sistemas de etiquetado. Este sistema tiene algunas ventajas que incluyen: la reducción del costo de mantenimiento al eliminar el etiquetado físico; la ejecución del proyecto a lo largo del año; facilidad de auditoría o verificación del inventario de componentes físicos; integridad y longevidad de la base de datos, objetividad de la Inspección y Reparación de Fugas (LDAR, por sus siglas en inglés) gracias a la ejecución por terceros; y la posibilidad de replicarse los resultados. Un programa LDAR debidamente estructurado y ejecutado, reduce los riesgos y consecuencias en la salud y tiene el potencial de reducir miles de dólares en pérdida de productos de mercado. Las fugas pueden aparecer con el tiempo como resultado del desgaste y deterioro de los componentes, por lo que un programa LDAR debe ser implementado periódicamente.

fugitive emissions in lieu of current tagging systems. The system has several advantages including costs reduction in maintenance of physical tags, year-round project execution, ease of auditing or verification of physical component inventory, database integrity and longevity, leak inspection and repair (LDAR) objectivity due to third party execution, and repeatability of results. A properly structured and executed LDAR program reduces risks and health issues and has the potential to save thousands of dollars in lost marketable products. Leaks may appear over time as a result of wear and tear of the components and an LDAR program should be implemented periodically.



Introducción

Las plantas petroquímicas consisten en gran número de unidades y tanques de proceso conectados entre sí por una amplia red de tuberías, bombas, válvulas y otros equipos. Todos estos puntos de conexión son fuente potencial de fugas, conocidas como “emisiones fugitivas de proceso”. Cuando existen decenas o centenas de miles de conexiones, como es el caso en una planta de procesos petroquímicos, aún con un bajo porcentaje de fugas en los equipos, estas representan una pérdida considerable de materia prima y productos intermedios o finales. El gran número de fuentes potenciales de fuga hace que la logística de su mantenimiento sea una tarea potencialmente difícil, y por ende costosa para el manejo de este problema. Por lo tanto, los 100.000 o más puntos potenciales de fuga plantean un problema de manejo y logística para el control de las emisiones fugitivas. Cuando los productos perdidos como consecuencia de las emisiones fugitivas tienen un alto valor comercial, las pérdidas pueden sumar varios centenares de miles de dólares por año.

También es alto el costo ambiental de las emisiones fugitivas en la atmósfera. Los gases emitidos por las plantas petroquímicas son importantes fuentes de contaminación urbana, agotamiento de la capa de ozono y cambio climático debido al calentamiento global. Además, los componentes en sí mismos suelen ser tóxicos y algunos son carcinógenos conocidos. Lo que es más, las emisiones fugitivas no se dispersan bien con comparación con las emisiones de chimenea, debido a su mínimo efecto de dispersión. Esto puede resultar en problemas con la calidad del aire ambiental dentro de la planta, que conlleva además consecuencias de salud ocupacional y seguridad industrial. Estos costos invisibles son mucho más difíciles de determinar, pero pueden incluir mano de obra y materiales para reparar las fugas, energía desperdiciada, ineficiencia de la planta, limpieza ambiental, multas ambientales, pérdida de ventas debido a una mala imagen empresarial, y demandas por daños personales (ESA, 2009).

Emisiones fugitivas

Definición

Las emisiones fugitivas son Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) liberados al ambiente como resultado de una pérdida gradual del ajuste hermético en el equipo de proceso, diseñado para contener un fluido en su interior. Esta pérdida de ajuste es conocida comúnmente como

Introduction

Petrochemical plants consist of a large number of process units and tanks connected by a vast array of piping, pumps, valves and other equipment. All connections are potential sources of leaks called process fugitive emissions. When connections number in the tens or hundreds of thousands, as is the case in a typical petrochemical plant, even a low percentage of equipment leaks can amount to a considerable loss of raw materials, intermediary, or final products. The large number of potential leak sources makes the logistics of maintenance a potentially difficult task, and hence costly, management problem. 100,000+ potential point sources therefore create a management and logistics problem for fugitive emissions control. When the products lost because of fugitive emissions have high value, the losses can amount to many hundreds of thousands dollars per year.

The environmental cost of fugitive air emissions is also high. Gases, which are emitted from plants, are important contributors to urban smog, the depletion of the ozone layer and climate change due to global warming. In addition, the compounds themselves are often toxic and some are known carcinogens. Furthermore, fugitive emissions do not disperse well compared to stack emissions, because there is a negligible dispersion effect. This may result in ambient air quality problems within the plant, leading to occupational health and safety issues as well. Invisible costs are much harder to determine but may include labor and material to repair leaks, wasted energy, plant inefficiency, environmental cleanup, environmental fines, loss of sales due to poor company image, and claims for personal injury (ESA, 2009).

Fugitive emissions

Definition

Fugitive emissions are Volatile Organic Compounds (VOCs) released into the environment resulting from a gradual loss of tightness of process equipment designed to contain an enclosed fluid. This loss of tightness is commonly referred to as an “equipment leak” (Allard,

“fuga del equipo” (Allard 2002). La emisión o fuga de COVs se le llama “fugitiva” si existe más de un punto de descarga al ambiente. Una chimenea de planta se considera una sola fuente. Una fosa de sedimentación se considera una fuente superficial o difusa si cubre una área amplia, pero con un bajo rango de emisión. Las emisiones asociadas con los drenajes o fuentes de escape en los procesos (bridas, empaques, tapa válvulas, etc.), son obviamente emisiones fugitivas, ya que cada fuente es responsable de una descarga mínima, aunque cada proceso en particular puede incluir miles de dichas fuentes y contribuir de manera significativa a dichas emisiones.

La industria petrolera es un gran emisor COVs y su impacto ambiental podría ser reducido significativamente controlando las fuentes primarias de emisiones fugitivas. La emisiones fugitivas típicamente se encuentra en las siguientes áreas de una planta petroquímica:

- Tanques de almacenamiento
- Instalaciones de carga y descarga
- Drenaje y tratamiento de aguas residuales
- Emisiones fugitivas de proceso

Tanques de almacenamiento

La cantidad de emisiones fugitivas en un tanque de almacenamiento depende del tipo y tamaño del tanque, la presión del vapor del líquido contenido, el volumen de su transferencia y las condiciones atmosféricas del mismo. Los tres tipos más comunes de tanques de almacenamiento son: techo fijo, techo interno flotante, y techo externo flotante.

Los distintos tipos de emisiones de un tanque de almacenamiento incluyen:

- Descargas de ventilación
- Pérdidas durante operaciones de llenado y vaciado
- Fugas en las uniones de los tanques con techo flotante
- Pérdidas a través de válvulas y bridas (uniones)

El primer y más básico esfuerzo a ser considerado para controlar las emisiones en tanques de techo fijo sería reemplazarlos por tanques de techo flotante. Se pueden hacer varias mejoras en los tanques existentes. Por ejemplo, un tanque de almacenamiento viejo de techo fijo puede conservarse si se añade una válvula de control de vapores (absorción del venteo) o llenando la parte no líquida del tanque con un gas inerte. También se pueden usar techos de doble junta flotante en tanques de almacenamiento con techo fijo. Además se puede aplicar un sistema de recuperación de vapores, por ejemplo, para

2002). The emission or leakage of VOCs is said to be “fugitive” if there is more than one point of discharge into the environment. A smokestack is considered to be a single source. A sedimentation basin is considered to be a surface source or a diffuse source if it covers a large area but the emission rate is low. Emissions associated with process drains and equipment leaks (flanges, seals, valve caps, etc.) are obviously fugitive emissions, since each source is responsible for negligible discharge, although a particular process as a whole may comprise thousands of such sources and serve as a major contributor of such emissions.

The petroleum industry is a leading emitter of VOCs and its environmental impact could be sharply reduced by controlling primary sources of fugitive emissions. Fugitive emissions are typically found in the following areas of a plant:

- Storage tanks
- Loading/unloading facilities
- Waste water drainage and treatment
- Process fugitive emissions

Storage tanks

The quantity of fugitive storage tank emissions depends on tank size and type, vapor pressure of the liquid, transferred volume and atmospheric conditions. The three most common storage tank types are fixed roof, internal floating roof and external floating roof.

Different types of storage tank emissions include:

- Vent discharges
- Losses during refilling and emptying operations
- Joint leaks in floating roof tanks
- Losses through valves and flanges

The first and most basic emission control effort to be considered would involve replacement of fixed roof storage tanks with floating roof types. Various other improvements can be made to existing tanks. For example, an old fixed roof storage tanks can be kept if a vapor control systems is added (vent adsorption) or by filling the non-liquid portion of the tank with an inert gas. Double-jointed floating roofs can also be used with fixed roof storage tanks. And a vapor recovery system can also be applied, for example, so emissions will be captured while the tanks are being filled. Typical costs for storage tank control measures include (Allard & Baillargeon, 1997).

que las emisiones puedan ser capturadas mientras el tanque sea llenado. Los costos típicos para las medidas de control de un tanque de almacenamiento usualmente incluyen: (Allard & Baillargeon, 1997)

- Reemplazar un techo fijo con un techo interior flotante (con una sola unión): desde \$15.000 hasta \$125.000 dependiendo del diámetro del tanque de almacenamiento (medida básica)
- Añadir sellos secundarios: desde \$30 hasta \$60 por pie lineal (medida restrictiva)
- Techo flotante con juntas primarias y secundarias, con accesorios de techo herméticos y un sistema de control de vapor: desde \$70.000 hasta \$125.000.

El costo típico por tanque va desde \$75.000 hasta \$150.000, dependiendo del diámetro.

La determinación de la cantidad potencial de emisiones fugitivas, puede ser simulada utilizando cualquier software comercial disponible, tal como el modelo TANKS de la USEPA (*United States Environmental Protection Agency*).

Plataformas de carga

Los derivados de petróleo se transportan por camión, tren o barco hasta las terminales petroleras. Las emisiones fugitivas en productos petroleros usualmente ocurren durante los intercambios de modalidades de transporte o transferencias en las instalaciones de almacenamiento. Las descargas durante el proceso de llenado son producidas por vapores de COVs, emitidos durante la transferencia de masas, y por aire saturado con COVs, descargado a través de unidades de venteo. Es fácil ver por qué hay una mayor liberación de COVs cuando el producto se agita al ser vertido a un tanque de almacenamiento.

La solución para este problema incluye un proceso de llenado por bombeo sumergido en lugar de vertido. Esto reduce la cantidad de vapor que puede escapar a la atmósfera. La conversión hacia el llenado por bombeo sumergido reduce los vapores resultantes en un sesenta por ciento. Un sistema de control de vapores puede ser instalado para ciertos productos como el benceno. Un proceso de absorción, adsorción o de condensación puede ser utilizado como medida de control restrictivo (para reducir las emisiones del 90% al 95%). Para un control aun más eficaz (reducciones mayores al 98%), las emisiones recogidas como resultado de estos procesos deben ser quemadas o circuladas dentro de un circuito sellado. Éste último escenario debería ser totalmente eficaz, al menos en teoría, aunque persistirán ciertas fugas del sistema (por ejemplo, a través de los empaques).

- Replacing a fixed roof with an interior floating roof (with a single joint): \$15,000 to \$125,000, depending on storage tank diameter (basic measure)
- Addition of secondary seals: \$30 to \$60 per linear foot (restrictive measure)
- Floating roof with primary and secondary joints, air-tight roof fittings and a vapor control system: \$70,000 to \$125,000.

Typical per tank cost is \$75,000 to \$150,000, depending on diameter.

Determining the amount of potential fugitive emissions can be simulated by using commercially available software such as the USEPA's TANKS model.

Loading platforms

Petroleum products are transported by truck, train or boat to petroleum terminals. Fugitive emissions of petroleum products usually occur during intermodal or storage facility transfers. Discharges during the refill process are produced by VOCs vapor that are emitted during the mass transfer and by air that is saturated with VOCs and is discharged through vents. It is easy to see why more VOCs will be released by a product that is stirred up when transferred into a tank.

Solutions for this problem include a submerged rather than a poured fill process. This cuts down on the amount of vapor that can escape into the atmosphere. A conversion to submerged refills cuts down resulting vapors by some 60%. A vapor control system can be set up for certain products like benzene. An absorption, adsorption or condensation process can be used in the case of restrictive controls (to cut emissions by 90% to 95%). For even more effective control (reduction greater than 98%), emissions collected as the result of these processes must be burned off or circulated within a sealed circuit. The latter scenario should be totally effective, at least in theory, although some system leakage (through seals for example) will persist.

The costs involved in applying such controls vary widely and largely depend on emission flow and concentration. However, deductions should be made for the value of any

Los costos de la aplicación de dichos controles varían ampliamente y dependen en gran medida del flujo de emisiones y su concentración. Sin embargo, se debe descontar el valor del producto que pueda ser reciclado de esta manera.

Por ejemplo, podría costar entre \$25.000 y \$600.000 modificar un sistema de recuperación de vapores, y entre \$200.000 y \$10.000.000 implementar medidas restrictivas. La conversión de camiones cisterna para cargarlos desde el fondo, y la recirculación de vapores en las estaciones de servicio, costaría alrededor de \$25.000. Finalmente, los sistemas de recuperación de vapores (controles restrictivos mejorados) costaría entre \$100.000 y \$700.000, para una plataforma que pueda cargar desde 50 000 hasta 1 000 000 toneladas por año.

Plantas de tratamiento de aguas residuales y drenajes

El agua de proceso, los derrames y las fugas no controladas, constituyen las principales fuentes de contaminación de las aguas residuales.

Los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales pueden variar muy significativamente, ya que éstas pueden contener una muy amplia gama de contaminantes, entre ellos aceites, fenoles y químicos tóxicos.

El primer esfuerzo a realizarse para controlar el tratamiento de emisiones de aguas residuales es el mantener los contaminantes fuera del agua en primer lugar, hasta donde sea posible.

Las medidas preventivas básicas para controlar dichas emisiones incluyen un adecuado mantenimiento de las instalaciones y minimización de fugas. El control restrictivo de las emisiones puede ser logrado a través del debido mantenimiento y la minimización de fugas. Se puede instalar empaques herméticos al agua en puntos clave del sistema de drenaje, así como empaques herméticos al vapor en las ventanillas de inspección y cajas de conexión. Además, las alcantarillas para aguas de proceso deben estar separadas de las alcantarillas para aguas lluvia. Una medida altamente restrictiva podría incluir la instalación y optimización de un sistema de recuperación o remoción de vapores, incluyendo sistemas de control de alcantarillas.

Los separadores de crudo tipo API, generalmente representan la primera etapa en el tratamiento de aguas residuales. Para reducir las emisiones, los separadores son cubiertos y ventilados con un sistema de control del

product that may be recycled in this manner.

For example, it may cost from \$25,000 to \$600,000 to modify a vapor recovery system and from \$200,000 to \$10,000,000 to implement restrictive measures. Converting trucks for bottom loading and vapor recirculation at service stations costs about \$25,000. Finally, vapor recovery systems (enhanced restriction controls) cost from \$100,000 to \$700,000 for a platform that can load from 50 000 to 1 000 000 tonnes annually.

Waste water drainage and treatment

Process waters, runoff and uncontrolled leaks are the main sources of waste water contamination.

Waste water collection and treatment systems may be very different in nature since waste water can contain a very wide range of pollutants, including oils, phenols and toxic chemicals.

The first effort involved in controlling waste water treatment emissions is to keep pollutants out of the water in the first place, to the extent possible.

The basic measures in controlling such emissions involve proper maintenance of the facilities and minimization of leakage. Restrictive emission controls can be achieved through proper maintenance and minimizing leaks. Watertight seals can be installed at key points in the drainage system along with vapor-tight seals at the inspection openings and connection boxes. Furthermore, process sewers must be separated from storm sewers. A highly restrictive measure could include installation and optimization of a vapor removal system, including sewage system controls.

API oil separators generally represent the first stage of waste water treatment. To cut down on emissions, a separator has been covered and is ventilated with a wet scrubber control system to reduce emissions to the desired level. This system can cost an estimated \$1 million. Severe control requires totally air-tight and sealed water treatment systems for all units. Collected vapors are transferred to an emission control system, which limits discharges.

A few sample costs (taken from cases in the United States)

depurador húmedo para reducir las emisiones al nivel deseado. Este sistema puede costar alrededor de \$1 millón. Los controles más estrictos requieren de sistemas de tratamiento de aguas totalmente herméticos y sellados para todas las unidades. Los vapores recogidos son transferidos a un sistema de control de emisiones lo cual limita las descargas.

Algunos ejemplos de costos (tomados de casos en Estados Unidos) incluyen:

- Instalación de un separador de vapores: desde \$700.000 hasta \$1.000.000 (básico)
- Sistemas completamente sellados que incluyen drenajes separados para los fluidos del proceso y para aguas lluvias, y cubiertas para los separadores API
- Sistema totalmente sellado (estricto) con monitoreo: > \$1.000.000 más un costo anual de alrededor de \$70.000.

Emisiones fugitivas de proceso

Las emisiones fugitivas de proceso son significativas debido al gran número de fuentes de emisiones. La implementación de un programa de Detección y Reparación de Fugas (LDAR por sus siglas en inglés) puede reducir las emisiones evaluadas teóricamente en más del 80%. Esto nos da una cifra más precisa porque los cálculos conservadores de las emisiones, utilizados cuando no se cuenta con un programa, tienden a sobreestimar las emisiones atmosféricas. Además, la identificación y eliminación de las fugas existentes que representan la mayor fuente de emisiones fugitivas de COVs, tendrá un impacto muy significativo en la reducción de este tipo de descargas. El costo inicial para controlar las emisiones fugitivas de proceso es mayor durante la fase de implementación, pero la actualización anual se paga sola gracias a la reducción de emisiones. Los costos varían según el tamaño de la planta petroquímica, el tamaño de la base de datos, y el desarrollo de la misma, así como la periodicidad de su monitoreo (por ejemplo, anual o trimestral).

Sistemas de etiquetado

Sistemas actuales

La metodología convencional para el seguimiento de emisiones fugitivas requiere etiquetar todo el equipo de la planta con código de barras. Dichas etiquetas son hechas de materiales metálicos o plásticos que se dañan o se pierden fácilmente durante la operación o el mantenimiento normal de los equipos, por lo que

include:

- Installation of a vapor separator: \$700,000 to \$1,000,000 (basic)
- Completely sealed system including separation of process and runoff drains and covering of API separators
- Totally sealed (severe) system with monitoring: > \$1,000,000 plus annual costs of about \$70,000.

Process fugitive emissions

Process fugitive emissions are significant because of the large number of emitting sources. Implementation of a Leak Detection and Repair (LDAR) program can reduce theoretically assessed emissions by more than 80%. This gives a more accurate figure because the conservative emission rates used when no program is in place tend to overestimate atmospheric emissions. Furthermore, identification and elimination of existing leaks, which represent the source of most fugitive VOC emissions, will have a strong impact on cutting down this type of discharge. Cost to control process fugitive emissions is higher at the initial phase of implementation but the annual update pays by itself through reduced emissions. Costs vary with plant size, extent of database and database development as well as monitoring period (i.e. annually or quarterly).

Tagging systems

Current systems

The conventional methodology for tracking fugitive emissions requires the labeling of all plant equipment with label bar codes. These labels are made from metallic or plastic materials and are easily damaged or lost during equipment maintenance or operation, thus requiring constant expenditure on a recurring basis to replace and

requieren un gasto constante y recurrente para reemplazarlos y actualizarlos. Aunque la tecnología de códigos de barras puede ser muy útil en determinadas situaciones, un método alternativo permite que el equipo sea identificado sin necesidad de que cada equipo sea señalado con una etiqueta física.

La USEPA llevó a cabo inspecciones en varias refinerías y plantas químicas norteamericanas para verificar la aplicación del programa LDAR y se vio obligada a admitir que ciertos problemas recurrentes fueron observados con frecuencia. No solamente que las medidas realizadas por los inspectores de USEPA no correspondían a aquellas realizadas por las plantas, sino que en muchos casos hubo en el inventario líneas de proceso faltantes o no deseadas (sin COVs). Además, ciertos estudios indican que las emisiones provenientes de refinerías u operaciones con gas natural podrían ser de diez a veinte veces mayores que las cantidades calculadas utilizando los factores de emisión nominales (USEPA, 2006). En conclusión, la incapacidad para identificar adecuadamente equipos con fugas resulta en que no se realicen las reparaciones necesarias y continúen habiendo emisiones fugitivas de COVs y otros químicos peligrosos (USEPA, 1999).

Sistema sin etiquetado

Una forma de evitar los costos incrementales de los sistemas de seguimiento, es utilizar etiquetas virtuales. El sistema DÉFI™ ofrece una solución de punta para este problema de gestión. Utiliza un sistema patentado basado en el software Windows™ y desarrollado por los ingenieros de SNC–Lavalin especializados en resolver problemas de calidad del aire y su monitoreo. DÉFI™ permite que los gerentes de planta puedan implementar un programa más rentable para la reducción significativa de las emisiones fugitivas de gases a la atmósfera. El sistema sin etiquetado constituye una evolución frente a los actuales métodos de monitoreo de las emisiones fugitivas, y es una inversión para futuros años en el programa de monitoreo. Las ventajas del sistema sin etiquetado incluye:

- Eliminación de los costos operativos asociados con el reemplazo de etiquetas dañadas o perdidas;
- Identificación positiva (foto) del equipo a ser medido y de las fugas a ser reparadas, aún para los operadores o subcontratistas no familiarizados con dicha unidad de la planta;
- Los proyectos pueden ser realizados en cualquier época del año;
- Las fotos facilitan la identificación y actualización de

update them. Although, the bar code technology may be useful in particular situations, an alternative method allows the equipment to be identified without requiring that each piece of equipment be tagged with a physical tag.

The USEPA performed inspections in several American refineries and chemical plants to verify the application of the LDAR program and was forced to admit that some recurrent problems were frequently observed. Not only did measurements made by USEPA inspectors not match those made by plants, but in many cases there also were missing or unwanted (non-VOC) process lines in the inventory. Furthermore, studies indicate that emissions from refineries and natural gas operations may be 10 to 20 times greater than the amount estimated using standard emission factors (USEPA, 2006). Conclusively, the failure to properly identify leaking equipment results in necessary repairs not being made and continuing fugitive emissions of VOCs and other hazardous chemicals (USEPA, 1999).

Tagless system

One way to avoid cost increase in tracking systems is to provide a virtual tag. DÉFI™ provides a state of the art solution to this management problem. Using proprietary, Windows™ based software developed by SNC-Lavalin's engineers specialized in monitoring and solving air quality problems, DÉFI™ enables plant managers to implement a cost-effective program to significantly reduce fugitive emissions of gases to atmosphere. A tagless system represents an evolution from current fugitive emission monitoring methods and is an investment for the future years of the monitoring program. The advantages of the tagless system include:

- Elimination of the operational costs associated with the replacement of lost or damaged tags;
- Positive identification (picture) of equipment for measurement and of leakers for repairs even for operators or contractors not familiar with the plant unit;
- Projects can be performed any time of the year;
- Pictures facilitate the identification and updating of process modifications and/or identification of leak for maintenance personnel;
- Pictures and initial preparation of database last a lifetime;

- modificaciones y/o la identificación de fugas por parte del personal de mantenimiento;
- Las fotos y la preparación inicial de base de datos perduran por la vida útil;
- Un LDAR estadísticamente focalizado (la selección aleatoria para el monitoreo estadístico es realizado por el software DÉFI™, no el operador, por lo que se asegura la objetividad de los puntos de medición incluidos en la ruta estadística).
- También se utiliza una ruta de fotografías para la detección de gases con cámara infrarroja.

Implementación del sistema DÉFI

El sistema DÉFI™ es esencialmente una gran base de datos que contiene información sobre todas las fuentes potenciales de fugas que elige monitorear una planta industrial. El tipo de información ingresada detalla el potencial de fugas de la fuente (brida, válvula, bomba, empaque de compresor, etc.), las especificaciones propias del equipo en la fuente potencial de fuga, el contenido del torrente del proceso en el punto potencial de fuga y la ubicación de la fuente dentro de la planta industrial. Esto se lleva a cabo para los miles (típicamente hasta cien mil o más) de puntos o fuentes potenciales de fuga. Cada fuente potencial recibe un código numérico y una foto digital de la fuente, que es ingresada a la base de datos.

Una vez “poblada” la base de datos con esta información y debidamente capacitados los operadores en el proceso, éstos verifican todas y cada una de las fuentes potenciales de fuga accesibles, para poder medir las emisiones de gas utilizando analizadores de vapores portátiles. El analizador de vapores, que cabe fácilmente en un maletín especialmente diseñado, está conectado a una computadora portátil para poder subir la información de la ruta de medición y descargar los valores de la prueba (resultados de medición en sitio). El analizador de vapor “olfatea” el aire en el punto de posible fuga, lo analiza, e ingresa la información directamente en el registro de datos. Cada medición toma aproximadamente un minuto o dos y, como resultado, la computadora elabora una base de datos respecto a las fugas en el equipo. La base de datos también puede ser alimentada con datos y videos de una cámara infrarroja (IR), que se utiliza para detectar fugas mayores a un ritmo bastante rápido, por lo que han ganado popularidad en años recientes debido a su eficacia.

Desde su oficina, el gerente puede revisar en la pantalla de su computadora una lista de todos los equipos con fugas. También puede abrir un archivo fotográfico, que contiene la codificación numérica pertinente del equipo

- Focused LDAR (random selection for statistical monitoring is made by DÉFI™ software, not by operator, therefore ensuring objectivity of the measurement points included in the statistical route).
- Route of pictures is also used for infrared camera gas detection

DÉFI implementation

DÉFI™ is essentially a large database containing information on all potential leak sources, which the plant chooses to monitor. The type of information entered is the nature of the potential leak source (flange, valve, pump, compressor seal, etc.), the specifications of the equipment at that potential leak source, the contents of the process stream at the potential leak source and the location of the source within the plant. This is performed for thousands (typically, up to 100,000 or more) potential sources. Each potential source is given a code number and a digitized picture of the source is transferred into the database.

Once the database has been “populated” with this information and operators have been trained regarding the process, operators then check each and every potential leak source that is accessible, in order to measure the quantities of gas, using a portable vapor analyzer. The vapor analyzer, which fits easily into a specially designed back or shoulder pack, is coupled with a portable computer to upload measurement route and download screening values (in situ measurements results). The vapor analyzer “sniffs” the air at the potential leak source, analyses it, and enters information directly into a data logger. Each measurement takes at most a minute or two and results in the computer building a database of leaking equipment. The database can also be populated with data and video from Infrared (IR) cameras. IR cameras are used to detect large leaks at a fairly rapid pace and have gained popularity due to its effectiveness in recent years.

Back in the office, the manager can call up on his computer screen a list of all leaking equipment. The manager can also call up a photograph, which contains the relevant code number of the leaking equipment. It is possible to implement a maintenance program to correct the problem. In addition to identifying problems (i.e. leaks) the software will also prioritize an action list to

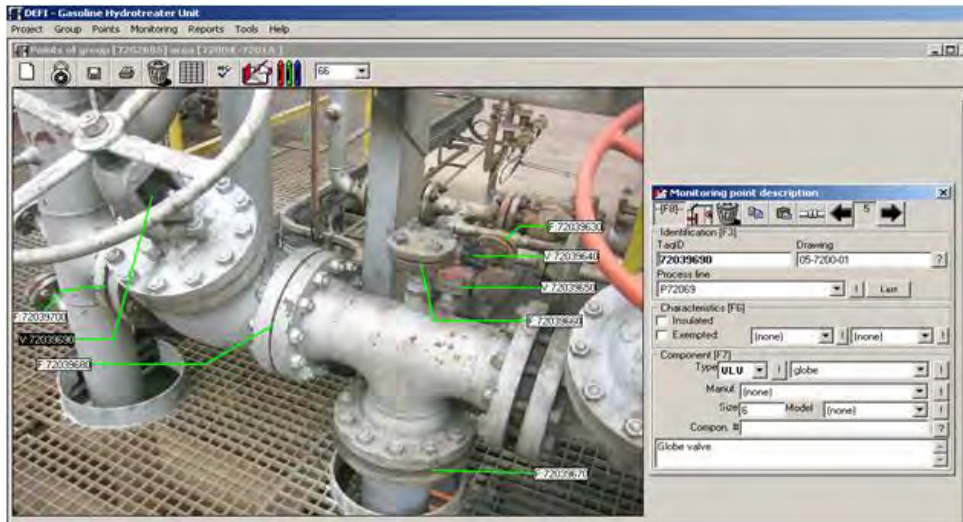
con fuga. Es posible implementar un programa de mantenimiento para corregir el problema. Además de identificar los problemas (es decir, fugas), el software también elabora una lista de verificación de acciones prioritizadas para corregirlos. Así, dependiendo de la situación, el operador puede abrir una lista de las fugas más importantes, detallando la cantidad de gases fugados, por valor monetario (pérdidas) o por toxicidad. Un sistema LDAR sin etiquetado debe ser implementado en forma permanente. Es sensato asumir que todos los componentes identificados dentro de un programa LDAR tendrán un desgaste y deterioro con el tiempo, y que pueden presentarse fugas en otras áreas de la planta industrial donde no habían sido identificadas antes.

Ya que actualmente los gases de efecto invernadero constituyen una gran preocupación, y conforme la comunidad mundial desarrolla mecanismos como el mercado de emisiones para poder reducir eficientemente dichas emisiones, entidades terceras independientes pueden ahora utilizar el sistema DÉFI™, para monitorear el rendimiento de plantas industriales o petroquímicas en todos los países del mundo.

correct them. Thus, depending on the situation, the operator can call up a list of most important leaks by quantity of gases leaked, by monetary value (losses) or by toxicity. An LDAR system such as a tagless one must be implemented constantly. It is rational to assume that components identified within the LDAR program will wear and tear over a long period of time, and that leaks maybe appear in other areas of a plant where they were not identified first.

As greenhouse gases are now a major concern, and as the world community develops mechanisms such as emissions trading in order to efficiently reduce such emissions, DÉFI™ can be used to monitor, using independent third parties, performance of chemical plants in countries around the world.

Figura 1: Imagen de DÉFI™ que incluye una foto digital de los componentes y el sistema de etiquetado
Figure 1: Screenshot of DÉFI™ including digital photo of components and tagging system



Estudio de Caso

Ahorro en Costos

El sistema DÉFI™ ha sido implementado en numerosos programas LDAR para plantas petroquímicas y refinerías en todo el mundo, especialmente en Canadá. Una ventaja del sistema LDAR es la traducción de las emisiones fugitivas al ahorro de producto y el consecuentemente incremento en ingresos por concepto de ventas. En la

Case study

Cost Savings

DÉFI™ has been implemented in numerous LDAR programs for refineries and petrochemical plants across the globe, especially Canada. One advantage that an LDAR system has is the translation of fugitive emissions into saved product and consequently an increase in sales revenue. Table 1 is a summary of typical products that

Tabla 1 se resumen los productos que típicamente presentan fugas, junto con su costo por tonelada de producto (Allard, 2011).

have been found to leak and product per tonne of product (Allard, 2011).

Tabla 1: Costo de los productos refinados comunes / **Table 1:** Cost of product in typical refined product

Sustancias / Substances	\$/t / \$US/t
Etileno / Ethylene	705
Benceno / Benzene	380
Amoníaco / Ammonia	300
Estireno / Styrene	900
Propileno / Propylene	610
Butadieno / Butadiene	750
Paraxileno / Paraxylene	760
Metano / Methane	120

Estudios de caso con LDAR

LDAR Case studies

En Canadá, el Canadian Council of Ministries of the Environment (CCME) regula la operación de las refinerías y plantas de químicos orgánicos (CCME, 1993) para determinar si presentan fugas de COVs en los equipos de proceso. Toda fuga que exceda los 10.000 ppm debe ser reparada. La determinación de las fugas se hace utilizando el Método 21 de USEPA, una norma aceptada como la mejor práctica por el sector (USEPA, 2007).

In Canada, the Canadian Council of Ministries of the Environment (CCME) regulates refineries and organic chemical plants (CCME, 1993) for VOC leaking from process equipment. Any leak that has been found to exceed 10,000 ppm must be repaired. Determining leaks is made by using the USEPA's Method 21, an industry accepted best practice (USEPA, 2007).

Una refinería en Canadá que procesa más de 170.000 barriles de crudo por día, fue capaz de generar un ingreso adicional de US\$ 780.000 en un período de cuatro años (US\$ 195.000 por año), mediante la reducción de fugas y el ahorro de producto (Allard, 2011). Además, durante los mismos cuatro años, la refinería pudo reducir sus emisiones fugitivas desde 800 toneladas por año o el 3,5% de las fugas mayores a las 10.000 ppm, hasta menos de 400 toneladas por año o el 1,2% de fugas mayores a las 10.000 ppm. Esta refinería implementó un LDAR eficiente con el programa DÉFI™.

One refinery in Canada processing over 170,000 barrels of crude oil per day was able to generate over a four year period an additional US \$780,000 in revenue (US \$195,000) or by reducing leaks and saving product (Allard, 2011). Additionally, the refinery was able to reduce fugitive emissions from 800 tonnes/year or 3.5% of leaks over 10,000 ppm to fewer than 400 tonnes per year or 1.2% of leaks over 10,000 ppm in these four years. This refinery implemented an efficient LDAR with the DÉFI™.

En el año 2003, la implementación del programa de reducción de emisiones fugitivas en la refinería de La Rábida en España, generó ingresos adicionales por €103.823 (unos US\$ 120.000), en ventas de producto (Rodríguez Conde, 2007). La refinería tiene una capacidad de procesar 100.000 barriles de crudo al día. Como puede ser observado en los estudios de caso en estas dos refinerías, el programa LDAR permite obtener un ahorro significativo en producto.

In 2003, the implementation of a fugitive emissions reduction program at La Rabida refinery in Spain generated an extra €103,823 (or about US \$120,000) in product sales (Rodríguez Conde, 2007). The refinery has a capacity of about 100,000 bbl/d crude oil refining. As can be observed in these two refinery cases, LDAR permits significant product savings.

Potencial del programa LDAR en América Latina

En América Latina hay 33 refinerías competentes capaces de procesar 5.800.000 barriles de crudo al día (Alonso, 2009). Entre los años 1998 y 2008, hubo un incremento del 20% en la demanda de productos refinados de petróleo. Comprensiblemente, un aumento en la demanda significa un crecimiento de las emisiones fugitivas para poder satisfacer dicha demanda. En Estados Unidos, las emisiones fugitivas representan más de 300.000 toneladas métricas de emisiones orgánicas totales, hasta el 50% de las fugas provienen de las válvulas (ESA, 2009). Estos números se ven reflejados además en las plantas industriales europeas, y probablemente son peores en otras partes del mundo como en los países en desarrollo, donde las normas y políticas ambientales son menos exigentes (Vernhess & Rahman, 2007). Usando un estimativo conservador de US\$ 125.000 en ahorro promedio de acuerdo con los dos casos de estudio mencionados, las refinerías de América Latina podrían alcanzar un ahorro potencial de producto y un incremento en ingresos por más de US\$ 4.000.000. Por supuesto que esto no incluiría los costos invisibles discutidos en lo anterior, que podrían ser aun mayores que los US\$ 4.000.000, ni los costos asociados con las normas y políticas ambientales menos exigentes. Debe anotarse que los programas LDAR, que incluyen sistemas sin etiquetado como el DÉFI™, pueden ser utilizados en otros segmentos del sector de hidrocarburos, así como en el sector de manufactura como por ejemplo en las plantas procesadoras de químicos orgánicos para el monitoreo y control de los COVs.

Conclusiones

Las emisiones fugitivas representan una parte importante del total de emisiones en las plantas petroquímicas. El método más preciso de estimar y controlar estas emisiones es el monitoreo de cada componente con posibles fugas y la subsiguiente reparación y reemplazo de los equipos con fallas. Para facilitar la ejecución de esta enorme tarea, se debe contar con un software muy robusto con la capacidad de manejar una base de datos y generar informes a partir de la misma. Un sistema sin etiquetado es lo más adecuado, ya que no deja una huella física en la planta de procesos, facilita al personal de mantenimiento las herramientas y la información necesarias para reparar adecuadamente las fugas, y mejora significativamente las condiciones del proceso. El programa LDAR sin etiquetado también contribuye al ahorro de producto y al incremento de ingresos.

LDAR potential in Latin America

In Latin America there are 33 competitive refineries able to process 5,800,000 barrels of crude oil per day (Alonso, 2009). Between 1998 and 2008, there was a 20% increase in the demand of refined products. Understandably, an increase in demand will signify an increase in fugitive emissions to meet this demand. In the United States, fugitive emissions account for over 300,000 metric tonnes of total organic emissions with as much as 50% of leaks coming from valves (ESA, 2009). These numbers are mirrored in European plants and are most likely worse in other parts of the world such as developing countries where environmental standard and policing are less stringent (Vernhess & Rahman, 2007). Using a conservative average savings of US \$ 125,000 as per the two case studies, refineries in Latin America could potentially save product and increase revenue in excess of US \$ 4,000,000. This of course would not include invisible costs as discussed previously, which could be as much higher than the US \$ 4,000,000, or the costs associated with less stringent environmental standard and policing. It should be noted that LDAR programs, which includes tagless systems such as DÉFI™, can be used in other sector within the wider oil and gas industry as well as industrial sectors such as organic chemical plants to monitor and control VOCs.

Conclusions

Fugitive emissions represent a significant part of total petrochemical plant emissions. The most accurate method to estimate and control these emissions is to monitor each potentially leaking component and repair or replace failing equipment accordingly. To facilitate execution of this daunting task, it is necessary to use powerful software with database management and reporting capabilities. A tagless system is therefore adequate as it does not leave a physical footprint on the plant, gives the maintenance crew the tools and information required to adequately repair leaks and significantly improves process condition. A tagless LDAR program also contributes to product saving and revenue increase. It is evident that concrete numbers related to savings from LDAR are hard to find. This paper suggests that individual savings could number in the hundred

Obviamente es difícil encontrar cifras concretas del ahorro resultante del LDAR. En el presente documento se sugiere que los ahorros particulares podrían estar en el rango de los cientos de miles de dólares al año para una refinería típica, en caso de repararse exitosamente las fugas.

thousand dollars range on a yearly basis for a typical refinery if leaks are repaired successfully.

Referencias / References:

- Allard, J.L. (2002). *Innovative software for Leak Detection and Repair*. Valve World.
- Allard, J.L. (2011). *Characterization of industrial fugitive emissions*. Presentación al cliente. SNC–Lavalin Environment Inc.
- Allard, J.L., & Baillargeon, L. (1997). *Control of fugitive VOC emissions in the petroleum industry: the case of Petro–Canada, Montréal–Est, y Québec, Canada*. Informe.
- Alonsi, C. (2009). Actualidad y proyecciones – Contexto de la refinación en Latinoamérica. *Petrotecnia*, diciembre, pp. 28–40.
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) (1993). *Environmental code of Practice for the measurement and control of fugitive VOC emissions from equipment leaks EPC_73E*. Octubre, Manitoba, Winnipeg, Canada.
- European Sealing Association (ESA) (2009). *Safety, Efficiency and Environment Working Group*. Conseguido en <http://www.europeansealing.com/safety-efficiency-and-environment-working-group.html> el 10 de agosto de 2012.
- Rodriguez Conte, J.A. (2007, May). Desarrollo de un Programa LDAR para Control De Emisiones Fugitivas en una Planta de Refinería. Informe, Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Sevilla, España.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (1999). *Enforcement Alert – Proper Monitoring Essential to Reducing ‘Fugitive Emissions’ Under Leak Detection and Repair Programs*. Office of Enforcement and Compliance Assurance (2201A), EPA 300–N–99–014 (octubre de 1999).
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2006). *VOC Fugitive Losses: New Monitors, Emission Losses and Potential Policy Gasp*. Taller Internacional, 25–27 de octubre de 2006.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2007). *Leak Detection and Repair Programs – A Best Practices Guide*, EPA–305–D–07–001 (octubre de 2007)
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) (2011). *TANKS Emissions Estimation Software, Version 4.09D*. Obtenido de <http://www.epa.gov/ttnchie1/software/tanks/> el 10 de agosto de 2012.
- Vernhes, L. & Rahman, A. (2007). *Zeroing in on zero emissions*. Valve World, diciembre, pp. 35–37.