

EXPERIENCIAS DEL SERVICIO RESIDENCIAL DE GAS NATURAL - CASO COLOMBIANO

Por: Guillermo Díaz Andrade
TechnoGas International Ltd.

1. Abstract

Al iniciarse la distribución de gas natural en Bolivia y Perú, el sector residencial reemplazará otros energéticos y, sin ser el mayor consumidor, por el beneficio social debe recibir prioridad.

La pronta captación de los usuarios es indispensable para el éxito del programa.

Por similares condiciones, se exponen algunas estrategias adoptadas en Colombia para facilitar la penetración del servicio y alternativas para una mejor operación:

- ? Ventajas del gas natural.
- ? Creencias populares.
- ? Cómo crear “cultura de gas”.
- ? Conversión de equipos de propano.
- ? Propano vs. propano-aire.
- ? Gas natural comprimido temporal.
- ? Consumos esperados.
- ? Cómo reducir costos mediante equipos y normas técnicas apropiados.
- ? Costos al usuario y financiaciones.
- ? Calidad de instalaciones y seguridad.
- ? Peligros de normalización deficiente.
- ? Varios puntos claves en la construcción y operación segura de la distribución.
- ? Capacitación técnica.
- ? Economía y tecnología; capacitación técnica al ejecutivo y financiera al ingeniero.
- ? Ejecución directa de trabajos o delegación a contratistas.
- ? Cómo crecer en un mercado saturado.

Como conclusión, con cada nuevo gasoducto se gana experiencia, pero aparecen nuevos problemas. Al analizarlos se evidencia que, con adecuada capacitación y conociendo los anteriores errores, pueden evitarse.

2. Introducción

Se está en la fase inicial de la distribución de gas natural en Bolivia y Perú. De los sectores a atender, el residencial recibirá enormes ventajas al reemplazar a otros energéticos. Este sector no será el mayor consumidor del combustible, pero por el beneficio social para sus ciudadanos. Los países deben darles la mayor prioridad sobre los demás sectores.

El éxito del programa de distribución residencial exige que los suscriptores acojan el nuevo servicio en forma rápida y masiva. Este comportamiento del mercado y la velocidad a la que los operadores tiendan sus redes y efectivamente las vendan, no se garantiza simplemente con las medidas gubernamentales para facilitar el servicio al público con el nuevo combustible. La mayor responsabilidad competará a las empresas distribuidoras, que deben reducir sus costos y dar el mayor rendimiento en las obras, garantizando simultáneamente un sistema seguro y eficiente.

Si no incluimos pequeñas experiencias previas, que sirvieron a los empleados de alguna refinería, la distribución de gas natural domiciliario en Colombia cumplirá 25 años en el próximo diciembre. Colombia es similar a Bolivia y Perú en muchas características y no solamente de raza y cultura:

- ? Por su localización, el clima no varía en forma extrema, evitando o reduciendo la necesidad de consumos estacionales elevados de energéticos para alimentar sistemas de aire acondicionado y calefacción, típicos en otros sitios:
 - ✍ En Perú, la mayor distribución de gas será en Lima, que en su temporada fría dominada por el Garúa, tiene una temperatura de 13 °C a 19 °C, ligeramente superior a los 14 °C promedio de Bogotá. El resto del año está entre 20 °C y 26 °C, similar a la de ciudades colombianas como Medellín y Cali.
 - ✍ Las localidades peruanas tienen temperaturas similares a las de las colombianas localizadas a alturas parecidas sobre el nivel del mar.
 - ✍ En Bolivia, salvo Potosí, que por su gran altitud es más fría, las poblaciones tienen climas como el de las colombianas.
 - ✍ La Paz, a pesar de su altitud algo mayor, tiene un clima igual al de Bogotá.
- ? Los ingresos de estas naciones en desarrollo hacen que el precio para recibir el servicio de gas deba ser bajo para que no anule las ventajas que aporta el gas. El ingreso per cápita en dólares americanos (USD), según proyecciones del 2000, es en Bolivia de \$2,600, en Perú de \$4,500 y en Colombia de \$6,200. El porcentaje de habitantes bajo el nivel de pobreza en Perú es de 49%, en Colombia del 55% y en Bolivia del 70%.
- ? La alimentación, los hábitos de cocción de alimentos y las jornadas de trabajo, parámetros que influyen en el consumo de gas y sus horarios picos, son similares.
- ? Las temperaturas local y del agua y los reducidos ingresos no facilitan la venta masiva de equipos de calentamiento de agua y otros artefactos de consumo de gas (gasodomésticos).
- ? En la planeación urbana y la forma de construcción de los centros poblados, heredada de los españoles, priman las manzanas cuadradas, que permiten una arquitectura de redes de distribución urbana diferentes a las de los países sajones y la mayoría de los europeos.
- ? Hay un consumo importante de gases licuados del petróleo (GLP) que reduce los costos de conexión, pero que por su bajo costo puede entorpecer los resultados o la velocidad de conexión al gas natural.

En este documento se consignan algunos de los errores, estrategias y consideraciones extractadas de lo ocurrido en Colombia, que han ido logrando que el público acceda al servicio del gas natural, aportando ventajas al país y sus finanzas, mejorando el nivel de vida y la economía de las familias y generando resultados a los inversionistas en la distribución.

3. Desarrollo

3.1. Ventajas del Gas Natural Domiciliario

El gas natural en el sector residencial colombiano ha significado ventajas por:

- ? Menor costo, comparando con la utilización de energía eléctrica y propano para la cocción y el calentamiento de agua.
- ? Mayor comodidad, frente al empleo de carbón o leña como combustible en los hogares. Además, el reemplazo de leña, ha reducido la deforestación y el deterioro de suelos, laderas y fuentes de agua.
- ? Mayor seguridad al eliminar el almacenamiento de combustibles en la vivienda. Los recipientes de gas propano no siempre están en buenas condiciones de mantenimiento y el usuario normal no es experto en su manejo y en atender emergencias.

- ? Eliminó riesgos por procedimientos inseguros. Algunos usuarios de gas licuado de petróleo (GLP) acostumbraban a calentar con una llama el fondo del cilindro para aumentar su vaporización y así obtener más rendimiento del mismo.
- ? Redujo la cantidad de personas quemadas, que mayormente eran niños, por el uso del *cocinol*, gasolina subsidiada por el estado colombiano para cocción de los habitantes pobres y distribuida y manejada en peligrosísimos bidones plásticos. Se emplea en estufas similares a las de *camping*, dentro de construcciones altamente inflamables.
- ? Las inversiones, para entregar la misma cantidad de energía al usuario final, son muy inferiores a las requeridas en la construcción de sistemas de generación hídrica de electricidad y su distribución.
- ? La eficiencia general de emplear el gas en quemadores en la residencia del usuario es superior a la de utilizarlo en la generación térmica de electricidad, distribuyendo esta electricidad y empleándola en calentar resistencias de electrodomésticos.

La mayoría o totalidad de estas ventajas estarán presentes en los mercados peruano y boliviano, ayudarán al desarrollo del sistema de distribución y son normalmente utilizadas en la propaganda del servicio.

3.2. *Creencias Populares sobre el Gas por Red*

El público en general no conoce el gas natural ni sus sistemas de distribución por redes de tubería, lo que lleva a la aparición de creencias, unas por desconocimiento y otras por rumores o publicidad desleal de competidores. En Colombia existieron:

- ? Si hay una fuga e incendio en una tubería, se produce una explosión masiva que destruye la ciudad o poblado. En esto ayudó el siniestro causado hace unos años por vapores de gasolina en el sistema de alcantarillado de Guadalajara, México. El público no sabe que dentro de la red no hay aire, por lo que no puede haber combustión y menos una explosión.
- ? El sistema es un ensayo muy peligroso realizado en países pobres. Si resulta lo aplicarán en Europa y Norteamérica.
- ? Los distribuidores de gas propano entierran redes para surtir cilindros en cada residencia sin llevarlos a las plantas de llenado, logrando ahorros, pero cobrando al usuario toda la inversión. Según este rumor, es mejor no conectarse al gasoducto y seguir recibiendo el propano en la forma tradicional.
- ? El gas natural calienta menos y no es tan eficiente porque tiene menor poder calorífico que el propano. Aunque parcialmente cierto, el gasodoméstico de natural quema mayor cantidad de gas para compensar la diferencia y su costo final es menor.
- ? Es conveniente dejar los cilindros y la instalación de GLP conectados con una té y válvulas a la instalación de gas natural. Si hay algún corte de servicio del último, se conecta el propano para seguir operando los gasodomésticos. Debido a la diferencia en la cantidad de gas que entregan los quemadores de gas natural, explicada en el párrafo anterior, al dar ingreso al propano las llamas crecen enormemente, o se apagan causando un escape de mucho peligro.
- ? En caso de un sismo, las tuberías se rompen y toda la ciudad se quema. En Colombia, hace un par de años, Armenia, ciudad de 300 mil habitantes, fue gravemente afectada por un terremoto que demolió o dañó al 60% de sus edificaciones además de afectar otros 30 municipios. Aunque el acueducto, el alcantarillado y la distribución eléctrica fueron gravemente afectados, la nueva red de polietileno para gas, que operaba cubriendo a un tercio del área urbana, no tuvo un solo escape y los tramos que sufrieron alguna elongación, fue mínima y sus espesores de pared se mantuvieron dentro del permisible para seguir operando. El gasoducto de acero que surte la población, mostró una única e insignificante fuga en una brida, con concentración de gas de 60 partes por millón. La mayor ventaja de los nuevos proyectos, como los que se adelantarán en

Bolivia y Perú, es que contarán con redes domiciliarias en tuberías plásticas y no metálicas (acero o las muy antiguas de fundición de hierro). Estas últimas son más propensas al daño por sismos.

- ? Una fuga de gas natural no es peligrosa porque éste sube en la atmósfera. El propano se queda cerca al suelo y puede causar una explosión. Aunque este comportamiento es cierto por la menor gravedad específica del natural comparada con la de aire (60%) y la mayor de los vapores de GLP (155%), en espacios confinados ante fuentes de encendido, corrientes de aire presentes y dependiendo de la topografía del terreno, el gas natural puede causar catástrofes. Una distribuidora que utilice esta propaganda puede ser responsable de tales siniestros.

El programa de gas natural debe ser ampliamente difundido y las características básicas del gas, como es su manejo y combustión deben hacerse públicos. Las distribuidoras deben mantener relaciones estrechas con los líderes y grupos de la comunidad para combatir la ignorancia.

3.3. Uso del GLP para Crear una “Cultura de Gas”

El gobierno colombiano, con el apoyo de la petrolera estatal ECOPETROL, desarrolló un programa para incentivar el consumo de GLP, que reemplazara electricidad, cocinol y otros combustibles líquidos en el uso residencial. Así se incrementaron los hogares que verificaron las ventajas de emplear un gas combustible. A pesar de sus diferencias, son mayores las similitudes y el propano facilitó la posterior conversión a gas natural.

Los usuarios de GLP tenían ya sus gasodomésticos, fácilmente convertibles a gas natural, y si recibían el gas de un tanque estacionario o de cilindros instalados al exterior de la vivienda, contaban con la tubería interna de la residencia. Así, se ahorraron la inversión simultánea en los derechos de conexión, la instalación de tuberías en la vivienda y los gasodomésticos.

Sin embargo, el procedimiento no ha funcionado perfectamente en algunas viviendas multifamiliares de altos ingresos en Bogotá, por algunos de los siguientes motivos:

- ? En algunos casos los diámetros de las tuberías instaladas en los edificios son adecuados para propano pero insuficientes para gas natural.
- ? En otras ocasiones los contratistas de instalaciones alegan tal insuficiencia de diámetros para lograr un negocio más lucrativo. No conectan el edificio si no logran cambiar todas las instalaciones.
- ? Aunque el GLP surtido a granel a tanques estacionarios es más costoso que el gas natural, las tarifas de éste tienen un cargo básico, que es mayor cuanto mayor sea el estrato económico del suscriptor. El cargo básico, adicional al consumo, origina una ventaja de precio final para el GLP.

Para evitar los problemas de insuficiencia de diámetro, en Colombia las regulaciones gubernamentales y las normas técnicas exigen que las instalaciones sean calculadas y construidas para ambos combustibles. Sin embargo, las autoridades de control no disponen de suficiente personal capacitado para verificar el cumplimiento ni se ha realizado una campaña para informar al público sobre esta obligación.

A pesar de este inconveniente menor, la estrategia del GLP para abrir mercados al gas natural ha sido realmente exitosa.

3.4. Conversión de Equipos de GLP

La conversión de los gasodomésticos que operan con propano es bastante más sencilla que la de los equipos de combustión industriales. Basta con incrementar el área del orificio que dosifica el paso del gas para compensar el menor poder calorífico del gas natural frente al propano.

La mejor manera de hacerlo es remplazando el accesorio del orificio por otro de fábrica calibrado para gas natural. Por la gran cantidad de marcas y modelos de artefactos y, especialmente porque algunos no tienen orificios intercambiables sino que están perforados en el cuerpo de la válvula de control, en Colombia se recurrió a modificarlos manualmente. Mediante brocas calibradas y a mano, se logra fácil y económicamente una conversión adecuada.

Para ello se diseñaron las tablas de equivalencia de orificios de gas propano a natural y se contaba con la gama de brocas necesaria para cualquier quemador.

Ha resultado un problema, pues con el paso del tiempo algunas empresas olvidaron las tablas y no volvieron a adquirir el surtido de brocas. Se ha llegado a contar con solo tres o cuatro brocas para atender gasodomésticos y artefactos comerciales (en pequeñas panaderías, pizzerías, restaurantes, etc.). Generalmente estos artefactos no operan en forma óptima y se cambian sus características de operación. Algunos dan llama de punta amarilla y ennegrecen las ollas.

Este problema se origina en la falta de historia, normalmente representada en manuales técnicos lo suficientemente extensos y claros para cubrir todas las especificaciones del área operativa de la distribución. Aunque en Colombia existen regulaciones que obligan a contar con tales manuales, los de algunas empresas son superficiales y en ocasiones no se aplican en su totalidad.

El sistema de conversión por perforación manual puede aplicarse siempre y cuando los instaladores reciban la capacitación correspondiente, entiendan los problemas que se causan si el orificio perforado no es correcto y los procedimientos escritos existan y se hagan cumplir, tanto por las distribuidoras como por quienes las controlan.

3.5. Redes de Propano vs. Mezclas Propano-Aire.

Mundialmente se emplea reducirle el poder calorífico al gas propano, hasta igualar el del gas natural, mediante la mezcla de aquel con aire. Al no ser combustible, el aire en la mezcla le disminuye su poder.

La aplicación principal del propano-aire, o *aire propanado* como lo llaman algunos en Colombia y en otros países, es el suplir deficiencias temporales del gas natural que surte a un sistema, durante situaciones de muy alto consumo (*peak shaving*, en Inglés), como son el invierno o en las horas pico. También se emplea como equipo de soporte en emergencias por usuarios para los que una suspensión del servicio es crítica o muy costosa.

En algunos países se usa para alimentar un sistema en poblaciones no conectadas a los sistemas de gasoductos transporte de gas natural. Así se logra captar usuarios y crecer la distribución hasta que sea factible conectarlas al gas natural. A la llegada de éste, no se requieren modificaciones en los gasodomésticos porque el poder calorífico del natural es el mismo del propano-aire anteriormente suministrado.

En Colombia se estudia periódicamente aplicar este método sin éxito. Siempre surgen nuevos partidarios del *aire propanado* que lo prefieren ante el uso de vapores de GLP en redes de tubería, aduciendo mayor seguridad.

Tal creencia no es totalmente cierta. Aunque el poder calorífico de la mezcla es menor que el del propano, las tuberías para la mezcla se dimensionan de mayor diámetro y el caudal se incrementa en la misma proporción en que se disminuyó el poder calorífico para surtir adecuadamente al sistema. Cuando hay una rotura total en la tubería, se arroja la misma cantidad de propano, que es el combustible en ambos casos, de ambas tuberías.

Adicionalmente, el *aire propanado* solamente imita el poder calorífico del gas natural, pero no su gravedad específica. De romperse, ambas tuberías arrojan la misma cantidad de propano y, aunque venga en una mezclado con aire, seguirá esparciéndose a nivel del suelo y causando el mismo riesgo.

Los argumentos de mayor seguridad únicamente operan cuando hay una fisura en la tubería. Si están a igual presión y por ella brota propano puro, el riesgo es mayor que si sale reducido su poder energético por el aire de la mezcla.

Esta pequeña ventaja se opaca por costos. El propano es más costoso que el gas natural y adelantar su distribución por tuberías conlleva esta desventaja. Para mezclarlo con aire en cantidades importantes, como se requiere en redes urbanas, debe hacerse a alta presión. Los sistemas en baja presión, como los que utilizan un sencillo vénturi, aumentan demasiado los diámetros de tubería de distribución y no suministran los volúmenes requeridos.

Los sistemas de alta presión necesitan compresores, generalmente accionados por motor eléctrico, que fuercen el aire a mayor presión en la corriente de gas propano. El aire debe dosificarse mediante una medición exacta del caudal que sale al sistema de la instalación de mezcla. Tal medición genera la señal para que el equipo de control dosifique el flujo de aire a incorporar en la mezcla. La inversión en este equipo, que debe ser adecuado para atmósferas con gases combustibles, hace onerosa la mezcla. Si adicionamos los costos de mantenimiento del sistema de mezcla y los de operación, donde generalmente se utiliza energía eléctrica en los compresores, hacen menos factible el *aire propanado*.

Se alega que los costos de conversión de los usuarios de propano para adecuar sus gasodomésticos a gas natural desaparecen, y es cierto. Pero, en países como el nuestro, en que la mano de obra es barata y los equipos, generalmente importados, son costosos, la factibilidad de instalar distribuciones con propano-aire no tiene defensa ante las menores inversiones y costos de operación de alimentarlas con vapores de GLP sin mezcla con aire.

En Perú y Bolivia seguramente ya se habrán estudiado estas opciones y serán evaluadas nuevamente de tiempo en tiempo pero, en tanto nuestros salarios sean una fracción de los de los países industrializados, la mezcla no tendrá futuro.

En Colombia han instalado sistemas de mezcla unos pocos usuarios que los requieren para cortes del servicio.

3.6. Gas Natural Comprimido como Combustible Temporal

Como la distribución del propano por tubería es bastante más riesgosa que la del gas natural, en algunas poblaciones se ha optado por desarrollar, en tanto llega un gasoducto de transporte, distribuciones atendidas con gas natural comprimido (GNC).

Obviamente, si no es rentable instalar plantas de mezcla de propano-aire para distribución urbana menos lo sería montar instalaciones de compresión para este propósito. Se aprovechan las

estaciones de servicio de gas natural vehicular (GNV) de ciudades cercanas, para surtir los tanques que alimentan los sistemas de distribución. El transporte se realiza por carretera.

En las poblaciones, generalmente pequeñas, los tanques de GNC, con presiones de 3,000 psi (207 bar) alimentan pequeñas estaciones reguladoras de distrito, llamadas de *descompresión*, que reducen la presión a menos de 60 psi (4 bar). En el norte del país, se han desarrollado varios sistemas que, al ir siendo conectados al gasoducto, liberan su estación para otro poblado. Para evitar el congelamiento de los equipos, ante el fuerte descenso de la temperatura al abatir de forma tan severa la presión, se emplea bañarlos con agua, alimentada por calentadores de paso, del tipo residencial, accionados con gas.

Una excepción la constituyó una ciudad al norte del país, cuyo gasoducto de transporte sufrió demoras por decisiones políticas, que debió iniciar el servicio de sus redes con GNC. La estación utilizó un gran intercambiador de calor, especialmente diseñado, para recuperar la temperatura del gas sin incurrir en consumo de energéticos. Esta aplicación alcanzó a servir cerca de 2,000 usuarios en tanto llegaba el gasoducto y se permitía la adición de más usuarios.

Este caso, adoptado por la firma distribuidora para cumplir con sus usuarios al costo que fuese, que incluyó la importación de Canadá de vehículos remolcados (*trailers*) de transporte de GNC por carretera, y los sistemas implantados con éxito en el sur no han sido rentables por sí solos. Las otras redes han recibido ayudas gubernamentales, por aportes o subsidios de los municipios a estos proyectos de interés comunitario y sus pérdidas se han compensado por hacer factible la continuación en pequeñas etapas del gasoducto de transporte que las va sirviendo.

3.7. Consumos Esperados

Colombia, como la mayor parte del Perú y Bolivia, no tiene los cambios extremos de temperatura por las estaciones que sufren los países más alejados de la Línea Ecuatorial. Esto reduce o elimina la utilización masiva del gas en calentamiento o refrigeración de ambientes residenciales.

Los altos niveles de pobreza y los menores ingresos del ciudadano, comparando con los países industrializados, no permiten la adquisición generalizada de artefactos que aportan comodidades pero que para nuestra gente son un lujo.

Mientras los distribuidores de los países con estaciones buscan captar principalmente equipos de calefacción y calentamiento de agua y poco se interesan en el consumo de la cocina, en nuestros países la estufa residencial es la base del consumo.

Obviamente, con nuestras limitaciones y gracias al clima más estable, los consumos promedio son una fracción de los de otras naciones. En Canadá, una familia consume un promedio de 300 metros cúbicos mensuales. En Colombia, no se llega al 10% de tal cifra. Los promedios varían de región en región y están entre 22 y 28 metros cúbicos.

En Perú y Bolivia ocurrirá algo similar. Quienes no tengan experiencia en tal tipo de mercados y no sepan cómo optimizar la distribución, sin restarle seguridad por economías mal entendidas, terminarán malvendiendo sus inversiones, a no ser que se asesoren adecuadamente. Aunque puedan obtener rentabilidad con la venta de gas a industrias y a los establecimientos comerciales de mayor consumo, las inversiones en las redes urbanas no se reducirán a la décima parte, como pasa con los consumos, de las acostumbradas en Norteamérica y gran parte de Europa.

3.8. *Cómo Reducir Costos de Inversión e Instalaciones*

Con tan reducidos consumos, los sistemas de distribución en estos países centran su negocio en una captación realmente masiva y rápida que garantice una total y pronta recuperación de las inversiones en la infraestructura y permita operar con márgenes suficientes de utilidad.

Cualquier error en la programación del proyecto, cualquier sobrecosto en su ejecución o un enfoque deficiente en la promoción y venta del servicio afectan los anteriores objetivos.

Los diseños deben ser más ajustados y reales de los que se producirían en lugares donde el consumo de gas per cápita es mayor. No se pueden permitir diámetros en exceso ni el tendido de tuberías que no sean estrictamente necesarias, pero tampoco se puede fallar al escoger tamaños que luego deban ser reemplazados o reforzados, encareciendo con inversiones adicionales la distribución. Personalmente he participado en modificaciones a proyectos diseñados por firmas extranjeras y algunas colombianas, en que se logran economías hasta del 20% en su construcción.

Los parámetros del cálculo deben ser reales y las proyecciones muy ajustadas. La demanda esperada, dónde se localiza, y cómo y hacia dónde crecerá son primordiales. El consumo promedio por usuario debe ser exacto y los factores de diversificación muy cercanos a los reales para evitar diámetros excesivamente grandes o redes de capacidad insuficiente.

La arquitectura de las redes debe ser escogida para minimizar sus costos de inversión. En Colombia, como en Perú y Bolivia, las poblaciones tienen en su mayor parte manzanas cuadradas, típicas del urbanismo español, a diferencia de las manzanas rectangulares de otras culturas. Además, las viviendas normalmente están adosadas unas a otras, con frentes de lote menores que cuando se construyen con retiros entre ellas.

Mientras las redes en Norteamérica y la mayoría de los países europeos cuentan con tuberías paralelas que recorren cada calle, alineadas con el frente largo de las manzanas y que distribuyen el gas conectando las viviendas a lado y lado de la calle, en Colombia, como existen frentes de vivienda en los cuatro costados de la manzana, hay que instalar tuberías en todas las vías. Al analizar costos se determinó que es más económico contar con dos tuberías en cada calle, para alimentar a cada lado sin realizar cruces viales. Finalmente, cada manzana está rodeada de un *anillo*, como se denomina la tubería de pequeño diámetro que la circunda.

Para surtir los *anillos*, se tienden troncales, que distanciadas entre sí varias cuadras, los alimentan. Hay anillos directamente conectados a troncal y los demás se conectan de ellos mediante tubería que cruza la vía. Los diámetros de anillo normalmente son de 1/2" (13 mm), en dimensiones - IPS (*iron pipe size* - tamaño normalizado de tubería de hierro) y las troncales van desde este mismo tamaño, en proyectos muy pequeños, hasta 6" IPS.

Excepto para pequeños poblados, se favorece tender las troncales en mallas cerradas, con suficientes válvulas en ellas que permitan seguir atendiendo la mayor parte o la totalidad del servicio en caso de un daño en cualquier troncal. Esta precaución requiere adicionar algo de tamaño a las troncales.

Este sistema con *anillos* de manzana ha reducido los costos de construcción y reparaciones, comparado con el diseño tradicional de tuberías paralelas.

Las acometidas a los usuarios se hacían inicialmente en tubería de polietileno de 1/2" IPS pero, debido a que este tamaño es excesivo, se cambió al mismo tamaño pero en dimensiones CTS

(*cooper tubing size* - tamaño normalizado de tubería flexible de cobre), dando menor diámetro interno, con menor peso de material y costo.

Por las pequeñas demandas de los usuarios residenciales, los reguladores y medidores de servicio son de menor capacidad, tamaño y costo que los empleados en otros sitios. Los medidores generalmente son de capacidad 1.6 m³/h (56.5 pch - pies cúbicos por hora). Aunque aun podrían reducirse para la mayoría de usuarios, no permitirían la futura adición de otros gasodomésticos.

Para atender esta carga, el regulador debe ser también pequeño, para reducir los costos. Inicialmente, en Japón reformaron un pequeño equipo destinado para cilindros de GLP cambiando sus conexiones para roscarlo a tubería y aumentándole capacidad con un mayor orificio en su válvula. Este tipo de equipo atiende bien el servicio pero su válvula de seguridad del tipo de alivio, que era apropiada con propano, quedó insuficiente al aumentar su capacidad para gas natural. Por ello, la presión de las redes se limita a la máxima permisible cuando se alimentan reguladores sin dispositivos de control de sobrepresiones, que tanto en las normas colombianas como norteamericanas es de 60 psi (4 bar).

Afortunadamente, hay ahora alternativas de otros reguladores con mayores seguridades, incluyendo válvulas integradas de alivio total y/o de corte por alta y baja presión OPSO / UPSO (*over pressure shutoff / under pressure shutoff*) de costo no excesivo.

La reducción de los costos ha llevado a las distribuidoras y fabricantes a producir o importar una serie de conexiones, válvulas y accesorios de pequeños tamaño y precio que bajan los costos de conexión al usuario y facilitan las ventas del servicio.

Para ello se requiere que las normas técnicas tengan en cuenta todas estas soluciones locales para que se realicen adecuadamente y no las entorpezcan.

3.9. Costos de Instalación y Financiaciones

Los costos de infraestructura de redes de distribución y de la instalación del usuario son diferentes en los países tropicales y en vías de desarrollo, como Colombia. Como vimos, los diámetros de tubería empleados son menores a los de los países más avanzados.

La arquitectura típica de sus redes y los menores costos de excavación manual y de tendido de tuberías, por el menor valor de la mano de obra, inciden en los costos.

La conexión al servicio de gas cuesta hasta USD \$128 al usuario, más lo que deba invertir en la instalación interna, si no cuenta con una de GLP que pueda ser adaptada.

A pesar de ser menores los costos al usuario que en otros países, también lo son los ingresos de los habitantes. Por esta razón, deben darse facilidades de financiación para la conexión.

Se han empleado todo tipo de planes de crédito. Desde el otorgado por las distribuidoras, hasta líneas especiales facilitadas por ECOPETROL. Las que han permitido mayor éxito son, obviamente, las que combinan el mayor plazo y la menor tasa de interés. Aunque ayudan, los créditos a plazos menores, una captación rápida y efectiva debe apoyarse con préstamos hasta cinco años.

Las promociones son también atractivas. Algunas empresas incluyen en la financiación, además de la conexión, las instalaciones internas de tubería, una pequeña estufa de dos o tres quemadores y algunos utensilios de cocina.

3.10. Calidad de las Instalaciones y Seguridad

La calidad de las redes, acometidas e instalaciones y los procedimientos de operación y mantenimiento deben ser estrictos para evitar que se presenten accidentes que afecten la imagen del servicio de gas y su penetración en el mercado. Vimos como existen ideas erróneas en el público, que no pueden ser reforzadas con incidentes causados por deficiencias de calidad y condiciones inseguras de operación.

Se requiere que cada parte del sistema, desde la estación de recepción (*city gate*) hasta el ultimo conector flexible que alimenta un artefacto, se instalen, operen y mantengan siguiendo procedimientos exactos. Tales procedimientos deben estar escritos y ser conocidos perfectamente y cumplidos por todo el personal propio de la distribuidora y de sus contratistas.

No basta con tener manuales, si estos no tienen suficiente detalle y cubren toda labor y equipo, material o parte. No sirve copiar los de otras latitudes. Por la cantidad de soluciones propias, deben ser escritos específicamente para el sistema por conocedores del mismo y por quienes participen en la escogencia de tales soluciones.

Improvisar e ir modificando manuales por prueba y error significa un alto costo en soluciones ineficientes e incidentes y accidentes que pueden retrasar, hacer menos rentable o causar pérdidas económicas al distribuidor. Más grave es que se causen pérdidas de vidas y propiedades a la comunidad.

3.11. Peligros en una Normalización Deficiente

El desarrollo de los sistemas de distribución de gas obliga a la producción de las normas técnicas para el mismo, y será acelerada.

La normalización puede producirse mediante:

- ? la adopción o traducción de normas extranjeras, con algunas limitaciones para las soluciones locales, pero con la ventaja de que no se juega con la seguridad;
- ? la emisión de normas totalmente nuevas, perfectamente adaptadas a toda práctica local, pero que por la falta de experiencia en los sistemas de quienes conforman los comités técnicos puedan originar gravísimos riesgos de seguridad;
- ? y la adaptación estudiada al ambiente local de normas internacionales, que permita las prácticas nacionales tras un análisis de tallado de consecuencias, con la asesoría de expertos internacionales, ojalá con experiencia en países similares.

En la producción de las normas locales se deben evitar todo tipo de errores, como son:

- ? Los intereses comerciales de productores y comercializadores de materiales y equipos que impongan restricciones a sus competidores, reduciendo la oferta en contra de los costos finales al usuario.
- ? La imposición de las prácticas propias de alguna empresa distribuidora a las demás. En Colombia se dio el caso de empresas que buscaron prohibir la utilización de tuberías de cobre en instalaciones internas, cuando en las ciudades costeras es mejor material que el acero por su mayor resistencia a la corrosión.
- ? Falta de participación de las empresas distribuidoras, dejando la normalización en manos de entes gubernamentales. El personal de quienes operan el servicio es el mayor conocedor de los

sistemas. También, algunas empresas envían ingenieros jóvenes e inexpertos a los comités, sin dar la importancia debida al proceso normalizador.

- ? La adicción por la exagerada creación de normas locales o por modificarlas sin un estudio detallado. Los ingenieros en los comités técnicos, en ocasiones imaginan condiciones ideales y en forma rápida y sin medir consecuencias incluyen provisiones en las normas. Las autoridades de control, al exigir su cumplimiento, encuentran que quienes propusieron la medida no la cumplen y que sus costos asociados son excesivos o la seguridad no mejora con la adición aprobada.
- ? Las adiciones que entorpecen el desarrollo de la actividad. Un ejemplo lo constituye un productor de gas que, preocupado porque algún accidente reduzca las ventas del combustible, exige incorporar dispositivos de seguridad en los reguladores de servicio que ni siquiera son obligatorios en su país y obligan a incrementar excesivamente el precio de la conexión. En Colombia un político hizo declaraciones públicas, de las que luego debió retractarse, sobre exigir que las tuberías de conducción de hidrocarburos debían diseñarse y construirse para resistir su voladura en cualquier tipo de atentado con explosivos. Ambas propuestas eran ideales, pero imposibles de cumplir.

Quienes participen en la producción de las normas deben ser quienes más conozcan los sistemas, cuenten con mayor capacitación técnica y posean mayor experiencia y, siempre que una provisión de la norma afecte los costos, asesorarse de las diferentes áreas de la compañía para conocer todas sus incidencias. En muchas ocasiones las firmas colombianas recurren a consultores externos para que los representen en el instituto de normas o invitan a consultores internacionales a que asesoren y orienten a los comités.

3.12. Ubicación de Reguladores y Medidores

Los equipos de servicio al usuario se instalaban inicialmente en donde tuviesen el menor riesgo de ser afectados por golpes, principalmente de vehículos, y obstaculizaren menos a los peatones.

En la medida en que se fueron adicionando ciudades, entraron algunas cuyas viviendas características eran diferentes y permitían la ubicación de los conjuntos de regulador y medidor en un mismo sitio, generalmente cerca al suelo, por contar con un antejardín libre de automotores y peatones. Esta práctica se extendió a otras ciudades similares y llegó a incorporarse en las normas técnicas colombianas.

Se restringió entonces la posibilidad de otras ubicaciones y prácticamente se exige que los equipos de servicio estén cercanos al piso. Esto causa problemas por mayor suciedad, salpicaduras de lodo en vías no pavimentadas y que los equipos puedan ser anegados en casos de inundaciones. Hay un vecindario pobre en la Costa Norte, que en la estación de lluvias se cubre con cerca de medio metro de agua de un río vecino. La gente aprendió a convivir con el problema y mantiene sus muebles y enseres a mayor altura, por lo que continúa habitando la vivienda durante la inundación. Las estufas son también alejadas del agua, las instalaciones de tubería de gas están en partes altas de la casa y la firma distribuidora localizó los equipos a mayor altura, fuera del nivel de aguas máximas. Las entidades de control han prohibido tal localización de los equipos, argumentando incumplimiento de norma técnica. Esta decisión, deja a los habitantes sin servicio de gas en la época en que más lo necesitan pues únicamente lo utilizan para cocina y se les retira cuando, por las temperaturas menores, más requieren calentar sus alimentos.

El ejemplo anterior muestra cómo se puede llegar a fallar en la normalización por análisis insuficiente. Creo que mi país es el único sitio donde se cree que los medidores sufren de vértigo a la altura.

3.13. Localización de Tuberías Subterráneas

La localización exacta de las tuberías es importante para toda labor de mantenimiento, reparación y emergencia. Desde el patrullaje con detectores de fugas hasta las reparaciones requieren tal información.

En otros países se utiliza un barato cable eléctrico adherido a lo largo de las tuberías de plástico. En cada derivación se deja un extremo del conductor libre junto al medidor. En tal extremo se aplica una corriente que facilita la localización del tubo mediante el empleo de un pequeño detector que se desplaza en la superficie del terreno.

En Colombia, por recomendación de los diseñadores originales de los primeros desarrollos, no se instaló el sistema. La recomendación explicaba de un evento en el que un conductor, alcanzado por un rayo, cortó longitudinalmente un tramo considerable de la red. Una alternativa, que era una cinta de señalización con dorso metalizado y que no quedaría en contacto con la tubería, no se empleó por su excesivo costo.

La ubicación de tuberías en Colombia está limitada a planos de construcción (*as-built*). Algunos sectores de los primeros proyectos, que cuentan con casi 25 años, han sido sujetos a remodelaciones urbanas, cambio de andenes y demoliciones y nuevas construcciones. Si cada vez que se relocaliza una tubería, por las necesidades de otros servicios o por modificación de las vías urbanas, no se modifican los planos, será cada vez más difícil hallarla.

A los 25 años de operación de los gasoductos urbanos colombianos, no se sabe de un rayo que haya caído sobre un medidor de gas. Su ubicación a baja altura adosado a la fachada de la vivienda y normalmente en áreas pobladas, donde existen pararrayos y postes eléctricos o zonas rurales con árboles de mayor altura, los han defendido. Seguramente hubiese sido mejor instalar los cables para detección, labor hoy imposible por su costo en los sistemas construidos.

Para evitar su daño en excavaciones posteriores por terceros, toda la tubería se entierra con una cinta plástica de prevención sobre ella, que anuncia la presencia de la tubería de gas y la información sobre la empresa operadora. A pesar de ello, se sufren daños porque algunos de los que excavan no saben leer o por las firmas de servicios que le pierden el respeto al gas.

3.14. Empleo de Sistemas de Posicionamiento Global

Con el desarrollo, perfeccionamiento y masificación del uso de los sistemas de posicionamiento global o GPS (por el Inglés *global positioning system*), será más fácil localizar las redes de tubería. Varias empresas colombianas ya utilizan las coordenadas arrojadas por estos equipos para ubicar las válvulas del sistema. Se espera que en el corto plazo sirvan para detallar todo el recorrido de las tuberías, ayudando a encontrarlas.

También se emplean para localizar los vehículos de servicios, mantenimiento y operaciones de la empresa.

Los GPS serán una herramienta obligatoria en las empresas de servicios públicos.

3.15. Daños por Otros Servicios

La mayor ocurrencia de daños a las redes de distribución de gas en Colombia, como ocurre en todos los demás países, se debe a las excavaciones de los otros servicios subterráneos. En nuestro país se agrava por deficiencias en la localización de los demás servicios.

En los países desarrollados, todas las empresas, y no únicamente las de gas, tienen métodos y equipos para detectar y marcar la ubicación de sus tuberías. En Colombia tan solo cuentan con planos, generalmente desactualizados o con los del diseño, que no muestran dónde quedó realmente la canalización.

Este problema hace no solo dispendioso instalar el gas, prácticamente por excavación manual para no afectar los otros servicios, sino que sea fácilmente afectado en cada obra o reparación de las otras entidades. Como normalmente no saben donde tienen su tubería, buscan excavando a todo lo ancho del andén y, generalmente dañan el tubo del gas en esta búsqueda.

Las empresas de gas les ofrecen marcar la ubicación de sus tuberías, procedimiento que aceptan generalmente para sus nuevas construcciones o ampliaciones pero, tratándose de reparaciones menores, omiten esta ayuda para ahorrar tiempo.

El problema mayor ocurre cuando no reportan los daños que causan al sistema de gas. Si el escape no es grande, lo envuelven con cinta eléctrica aislante y, en ocasiones funden a su alrededor un gran bloque de concreto que luego dificulta las reparaciones.

Todo intento de mejorar este problema ha sido poco fructífero y cada distribuidora lo maneja de forma diferente. Algunas cobran a la otra empresa altos precios por todo daño y por la pérdida de gas, para obligarlos a trabajar con mayor cuidado, mientras otras no les cargan suma alguna buscando que reporten los daños.

El sistema de “llame antes de excavar”, que existe en varios países, para facilitar a las empresas de servicios y a terceros la ubicación de toda línea enterrada, no ha sido posible de establecer en Colombia pues los otros servicios consideran que el mayor perjudicado y quien causa mayores riesgos en un daño es el sistema de gas y quieren que corra con todos los costos.

3.16. Capacitación de Ingenieros y Técnicos Locales

En un entorno de normas en producción y no completas, que deben suplirse con internacionales; aplicando soluciones locales para hacer rentable la distribución; con pocas personas conocedoras de estos sistemas y trabajando con gas combustible, es crítico que todo se haga en perfecta forma. Recordemos que cualquier accidente puede hacer perder toda la imagen del gas natural que la publicidad haya ganado en el público y afectará sus ventas.

La única manera de garantizar la calidad es, repetimos, contando con manuales totales, completos y detallados para cada parte del sistema. Tales manuales deben ser presentados y explicados a ingenieros y técnicos de la distribuidora y los contratistas.

La capacitación debe ser total e impartida por personal que no conozca el tema y que tenga las cualidades y la experiencia para transmitir los conocimientos e incentivar a los participantes.

La capacitación debe ser anterior a la iniciación de los trabajos y a todo nivel. Las nuevas empresas deberán impartirla a todos sus funcionarios, adaptada para cada área de la empresa, para que todos conozcan y entiendan el negocio.

Así como las normas se irán perfeccionando periódicamente, estos cambios deben reflejarse en actualizaciones de los manuales y en nuevas jornadas de capacitación al personal. Debe evitarse que alguna área de la empresa cree procedimientos especiales, no contemplados en los manuales, ya que puede existir contradicción entre los documentos o no conocerse estos cambios.

3.17. Economía vs, Tecnología

Como en toda firma que debe producir resultados a sus inversionistas y en la que la tecnología tiene amplia cabida, se encontrará que los gerentes, especialmente del área financiera, creen que los pedidos de equipos y de adopción de nuevas tecnologías de los ingenieros son costosos e innecesarios. Según ellos, los ingenieros necesitan juguetes para estar satisfechos. Por otra parte, los ingenieros consideran que los ejecutivos quieren ahorrar para incrementar las utilidades y son una traba para operar en forma eficiente y segura.

Para lograr sus objetivos, existen gerentes que rechazan sistemáticamente los pedidos del área técnica y hay ingenieros que exageran y usan el terrorismo para convencer a la empresa de oír sus peticiones. El equilibrio entre la economía que maximiza las ganancias y la tecnología que aporta seguridad y también contribuye a ellas debe encontrarse.

La mejor manera de lograrlo es dando capacitación suficiente a ambos en el campo del otro. Si un tercero, conocedor del negocio integral los orienta, se entenderán mejor y sabrán cuánto ceder y qué no exigir. Es por ello importante dar capacitación técnica al ejecutivo financiero y financiera al ingeniero.

3.18. Ejecución Directa o Contratistas

Existen empresas que todo lo contratan. Firms o personas externas se encargan de las construcciones e instalaciones, de las compras e importaciones, del bodegaje de materiales y equipos, de la interventoría, de la atención de mantenimientos y emergencias, de la lectura de medidores, de la facturación al usuario, de la contabilidad y en general de todas las operaciones. Finalmente los únicos empleados son unos pocos ejecutivos y algunas secretarias, si no son también provistas por un tercero.

Los argumentos principales son la reducción de los costos que puede traer la formación de un sindicato (en Colombia se requiere un número mínimo de empleados que se afilien) y el que la empresa tendrá una etapa de grandes obras y luego pasará a manejar el servicio. Así se evita contar con numerosos empleados que luego deberán ser despedidos. Es mejor que los contratistas se encarguen de los problemas laborales.

Por otra parte, están las firmas que para toda actividad contratan y capacitan empleados para realizarlas. Las principales razones son aumentar la rentabilidad, al no pagar un porcentaje adicional como utilidad al tercero y contar con personal propio que ejecuta su trabajo con más esmero porque quiere a la empresa.

Nuevamente, hay que buscar un equilibrio. Es cierto que un empleado de la distribuidora, que tenga perspectivas de permanecer en la empresa y de crecer con ella, trabaja con mayor calidad y empeño que un empleado de un contratista que hoy está con la empresa y mañana quién sabe, pero al crecer demasiado la nómina y reducirse las obras, muchos empleados saldrán, creando inseguridad e inconformidad entre el personal y costosos procesos laborales.

La mejor opción es contar con un grupo selecto en todas las áreas que permita atender las obras y emergencias principales y que actúe como líder y supervisor de los contratistas. Ojalá tal grupo incluya personal de interventoría. Así se mantiene la empresa con un número estable de personas y se combinan las ventajas de los dos sistemas. El personal de construcción puede, con entrenamiento menor, pasar a manejar las operaciones y el mantenimiento.

Las empresas que más satisfacción dan al usuario y con mejor imagen, mantienen un porcentaje importante de personal propio y promueven a los mejores empleados de los contratistas enganchándolos para cubrir las vacantes. Así se empeñan más en su trabajo.

En Colombia, hace varios años se prohibió que las empresas distribuidoras obligaran al usuario a contratar con ellas las instalaciones internas de las edificaciones. Esta medida, que buscaba reducir los costos al suscriptor, ha permitido que algunas empresas y personas que no cumplen las normas técnicas disminuyan la calidad y afecten la seguridad. El extremo lo constituyen firmas que, tras recauda dinero del público para sus instalaciones, desaparecen sin realizarlas.

Algunas distribuidoras, sin romper la regulación, ofrecen la instalación al usuario ejecutada por sus empleados o por contratistas de la empresa. En estos casos la distribuidora responde por el cumplimiento y la calidad. Además, dan financiación a los mismos plazos e intereses que ofrecen para los derechos de conexión, por lo que los nuevos usuarios raramente buscan terceros para contratar las instalaciones.

La regulación debe ser armónica con las condiciones locales. La tendencia mundial es la desregulación de toda actividad y retirar a los distribuidores las actividades anexas que no sean la operación estricta del sistema pero, si no se cuenta con los controles y medios para aplicarlos, el usuario y el negocio del gas natural se perjudican. Una desregulación sin las condiciones necesarias es una moda inútil y dañina.

3.19. Crecimiento con Mercado Saturado

Un proyecto de distribución de gas natural pasa por tres etapas principales: construcción, ventas y operación. Aunque tales etapas realmente nunca terminan, con los años se va saturando el mercado al captar a la casi totalidad del potencial.

La empresa, cuyas ventas de gas venían creciendo con la adición de nuevos suscriptores, se estanca y poco crece. Los inversionistas y directivos se preocupan y exigen mejorar los resultados.

Es responsabilidad de cada empresa seguir creciendo en ventas y, ya que no hay nuevos usuarios a quienes servir, debe aumentarse el consumo promedio de los existentes.

En este objetivo ayudan las ventajas del gas y especialmente la comodidad que aporta. Cuando el usuario esté terminando de pagar su crédito inicial, es el momento de convencerlo de mejorar su calidad de vida. Los equipos de calentamiento de agua, la adición de horno a la cocina, el cambio de su pequeña estufa por una con más quemadores o de mayor potencia y aun la adición de sistemas de calefacción de ambiente o aire acondicionado a gas son opciones para ofrecerle.

Alguna empresa programa, en ciudades que por su temperatura no emplean agua caliente, vender calentadores junto con las tuberías para ella. Como no existe instalación de agua caliente en las viviendas, se las realizará financiándola junto con el artefacto en la factura mensual del servicio de gas. Los volúmenes de ventas le permiten adquirir los gasodomésticos con descuentos que traslada al usuario.

Esta empresa ha desarrollado redes de distribución rurales que surten a motores de gas que impulsan bombas de riego en plantaciones bananeras, entre otros proyectos que adelanta para seguir incrementando sus ventas de gas.

En contraste, otra firma sabía que el gas vehicular podía aumentar sus ventas, pero prefería que un tercero lo desarrollara para venderle el combustible sin realizar esfuerzo alguno. Sus nuevos propietarios la han obligado a iniciar este proyecto.

Pueden seguirse ejemplos de otros países. En Canadá, las mayores distribuidoras de gas alquilan calentadores de agua. Sin comprar este aparato, el usuario los disfruta por una módica suma mensual y las empresas aumentan sus ventas e ingresos.

4. Conclusiones

Para el desarrollo de la distribución de gas natural en Bolivia y Perú, por varias condiciones similares, pueden extractarse experiencias del caso colombiano para lograr una pronta y mayor captación de usuarios y mayores rendimientos a los inversionistas y seguridad al sistema.

Es importante informar suficientemente al público sobre las ventajas del gas natural, corregir las ideas erradas sobre él y crear una "cultura de gas" que facilite el desarrollo de los sistemas de distribución.

La conversión de equipos de gas propano a natural, aunque sencilla debe realizarse técnicamente.

El inicio anticipado de redes de distribución con otros combustibles (*aire propanado* o GNC) es costoso. Si se adoptan, requerirán subsidios para evitar mermar las finanzas de la distribuidora. Es más económico, aunque nunca tan seguro como con gas natural, distribuir vapor de propano sin mezcla.

El consumo residencial promedio es cercano a los 24 metros cúbicos por usuario, cifra muy pequeña, que obliga a optimizar los costos de inversión en las redes de distribución y reducir el precio de conexión a los usuarios. Estos objetivos se logran con soluciones prácticas locales, equipos de regulación y medición de servicio de capacidad reducida y especialmente con diseños realizados por expertos en este tipo de mercados.

Los derechos de conexión y las instalaciones del usuario deben financiarse a plazos cómodos y con intereses módicos para poder captar la mayoría del mercado.

No por ejecutarse un proyecto de menores costos puede sacrificarse la seguridad. Deben aplicarse y producirse normas técnicas locales que faciliten las soluciones propias que reduzcan los costos, sin disminuir la calidad. En este proceso de normalización deben evitarse adiciones o modificaciones a las normas que no sean eminentemente técnicas y prácticas y velar porque primen los intereses del público y la viabilidad del negocio del gas.

Para lo anterior y para la adopción de soluciones propias locales, se recomienda contar con asesoría idónea que colabore en la producción de procedimientos y manuales completos que cubran toda parte y actividad del sistema y estén acordes con las normas y que aporte en la capacitación inicial del personal de las distribuidoras.

El proceso de normalización y la actualización de procedimientos en las empresas es continuo, y así debe ser también la capacitación del personal.

Debe balancearse la necesidad de resultados financieros con la de invertir en tecnología. Para ello los financieros deben conocer asuntos técnicos y los ingenieros entender mejor la parte económica de la empresa. Esto se logra con una capacitación integral.

Para obtener mejores resultados en costos y calidad, las empresas deben balancear su personal propio con el apoyo de contratistas externos.

Una vez que la captación de usuarios potenciales se logre, las empresas deberán crecer incentivando un mayor consumo del gas.

Aunque muchos de los puntos anteriores son universalmente aplicados, no todos los países tienen iguales condiciones. Aplicar los métodos en ambientes especiales, como son Bolivia, Perú y Colombia, requiere mayor experiencia y conocimientos en este tipo de mercados. Como se aprecia en este escrito, mucho se obtiene analizando errores anteriores y es mejor asesorarse de quienes adquirieron la experiencia que repetir su camino.

5. Bibliografía

Datos estadísticos extractados del *CIA Factbook*

Información sobre Armenia de Geohazards International

Información sobre tarifa de conexión de gas de la Alcaldía Mayor de Bogotá