

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GAS CANALIZADO (GLP) EN UN CONDOMINIO

Henry Michel Escalante Flores¹, José Pacheco Mosquera²

¹Ingeniero Mecánico 2003

²Director de Tesis, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1985, Ms Metalurgia, Escuela de Minas de Colorado, 1988. Profesor de ESPOL desde 1988

RESUMEN

El procedimiento para la implementación de una instalación de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en un edificio de seis pisos, se realiza a través de la selección de tanque, tuberías, reguladores y contadores suministrado por fabricantes que cumplen las normas establecidas por organismos internacionales y locales. Estas instalaciones realizadas en Guayaquil cumplen con la norma NTE INEN 2260:2001 y la establecida por Asociación Nacional de Protección Contra Incendio NFPA 58. La aplicación se sugiere también para Gas Natural (GN), utilizando la misma red canalizada, pero con cambios en los quemadores de los aparatos de consumo.

Se emplean el uso de las fórmulas de Renouard y de la fórmula de Bernoulli, en la verificación del diámetro de la tubería horizontal y vertical respectivamente, donde las cuatro posibles alternativas, en función de la presión de suministro y de material de tubería (cobre o acero galvanizado) dentro del edificio, presentan costos totales ligeramente diferentes debido a la mano de obra, materiales e instalación, eligiéndose el más conveniente por montaje y mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

El gas combustible es ampliamente utilizado en la industria como también en el área comercial y residencial, este último en aumento, por el crecimiento poblacional, pues el manipuleo de los cilindros de 15 Kg de GLP no concientizado por parte del usuario, quien desconoce los peligros del tipo de producto que se almacena, hace que estos se deterioren, presenten golpes en la estructura de su cuerpo o se realice un mal acople del regulador, que causan consecuencias desastrosas. En cambio, si se utiliza gas canalizado, se garantiza un flujo constante y el usuario paga lo que en realidad consume, a pesar que el riesgo por incendio no es descartado, por el mal funcionamiento y manejo de las instalaciones. Se plantea un condominio para 16 departamentos que aloja a 81 habitantes como máximo.

Con el auge del uso de combustibles más limpios y el impulso de las autoridades locales en la inversión y facilidades en el desarrollo de este mercado, pronto se proyecta a futuro el uso común de gas canalizado (gas natural o GLP) como sucede en otros países, tales como México y Argentina.

CONTENIDO

1. FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DEL GAS COMBUSTIBLE

Un gas combustible es una sustancia en estado gaseoso capaz de combustionarse al combinarse con el oxígeno bajo condiciones determinadas, cuya combustión depende de la carga de oxígeno y del espacio necesario para su mezcla.

Aquí interesa por estudio, el estado líquido y de gases y vapores, donde el primero no arde sino lo hacen los vapores generados en su evaporación; mientras, los gases y vapores inflamables arden en la propia fase gaseosa con emisión de llama.

1.1 Clasificación de los Gases Combustibles

Existen dos grandes grupos de combustibles gaseosos, sobre la base de su origen y su intercambialidad, presentado en la tabla I.

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES GASEOSOS (ref. 10)

| | |
|-------------------------|---|
| ORIGEN | i. Combustibles Naturales ii. Combustibles Manufacturados (artificiales) |
| INTERCAMBIALIDAD | a) Primera Familia b) Segunda Familia c) Tercera Familia |

Los combustibles naturales, tabla II, incluyen a todos los combustibles de origen fósil, basándose en mezclas de hidrocarburos, en cambio los manufacturados actualmente se lo realiza por pirólisis.

TABLA II
CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES NATURALES GASEOSOS (ref. 10)

| | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Combustibles Gaseosos Naturales | Gases Licuados de Petróleo (GLP) |
| | Gas Natural (GN) |
| | Grisú |

El gas natural y el GLP pertenecen a los combustibles naturales, pero se encasillan en la segunda y tercera familia respectivamente en el estado de intercambialidad, tal como se presenta en la tabla III.

TABLA III
CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE GASEOSO SEGÚN ÍNDICE DE WOBBE (INTERCAMBIALIDAD) (ref. 10)

| FAMILIA | RANGO MJ/m ³ (N) | CLASE DE COMBUSTIBLE | RANGO MJ/m ³ (N) |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 ^{ra} Familia | 23.9 – 31.4 | Gas Manufacturado | 23.9 – 31.4 |
| | | Gas de coquería | 25.6 – 31.4 |
| | | Gas mezcla hidrocarburo aire | 23.9 – 27.2 |
| 2 ^{da} Familia | 41.3 – 57.9 | Gases Naturales | 48.1 – 57.9 |
| | | Gas mezcla aire hidrocarburo | 41.3 – 47. |
| 3 ^{ra} Familia | 77.4 – 95.0 | Propano Comercial | --- |
| | | Butano Comercial | --- |

La clasificación por su intercambialidad, dada en la tabla III, está dada por el índice de Wobbe (iW), “relación entre el poder calorífico superior (P.C.S.) y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas con respecto al aire (ρ_{rel})” (ref. 2).

$$iW = \frac{P.C.S.}{\sqrt{\rho_{rel}}}$$

Si dos gases tienen el mismo valor de iW, estos desarrollan las mismas características de combustión y se puede realizar el intercambio, dado por:

$$\frac{P.C.S._1}{\sqrt{\rho_{rel1}}} = \frac{P.C.S._2}{\sqrt{\rho_{rel2}}}$$

Si se tienen combustibles a presiones diferentes, el área de la boquilla necesaria al cambiarse es:

$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{iW_2}{iW_1} \right)^2 = \frac{P_{dina2}}{P_{dina1}}$$

Un resumen de las ventajas y desventajas entre el Gas Natural y GLP se presenta en la tabla IV.

**TABLA IV
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE GAS NATURAL Y GLP**

| Del Gas Natural | Del GLP |
|---|--|
| Fácil manejo | |
| Gran rendimiento y respuesta rápida para cargas variables e intermitentes | |
| Inflamable | Es muy inflamable |
| Poco mantenimiento | |
| Poco contaminante (el combustible más limpio que existe) Son bajas sus emisiones en su combustión | Por ser derivado del petróleo tiene una combustión que produce cenizas que no se queman completamente y se pueden ir a la atmósfera. |
| Muy económico, el promedio de ahorro es del 30% con respecto al GLP | |
| Sus vapores son más livianos que el aire | Sus vapores son más pesados que el aire |
| No requiere preparación previa a su utilización, como por ejemplo: calentarlos, pulverizarlos o bombearlos. | Si requiere preparación previa a su utilización |

2. INSTALACIÓN DE COMBUSTIBLE GASEOSO GLP

Una instalación para suministro de gas es un conjunto de tuberías, equipos (tanques, reguladores, contadores, etc.) y sus accesorios requeridos para la conducción del gas en estado líquido o de vapor a variadas presiones. En la instalación de GLP en el edificio, el combustible se distribuye en estado gaseoso a una presión menor a 138 KPa y es compatible con instalación de GN en cuanto a regulación y diámetro de tubería siempre que el caudal sea menor de 4 m³/h (7.52 Kg/h).

Los sistemas que se plantean independiente del material, se indican en la figura 1, donde la diferencia entre ellas, es que la de presiones mayores de suministro se estandariza casi todo su recorrido, por lo cual se clasifica a la instalación de Media Presión B y A, dado de la tabla V.

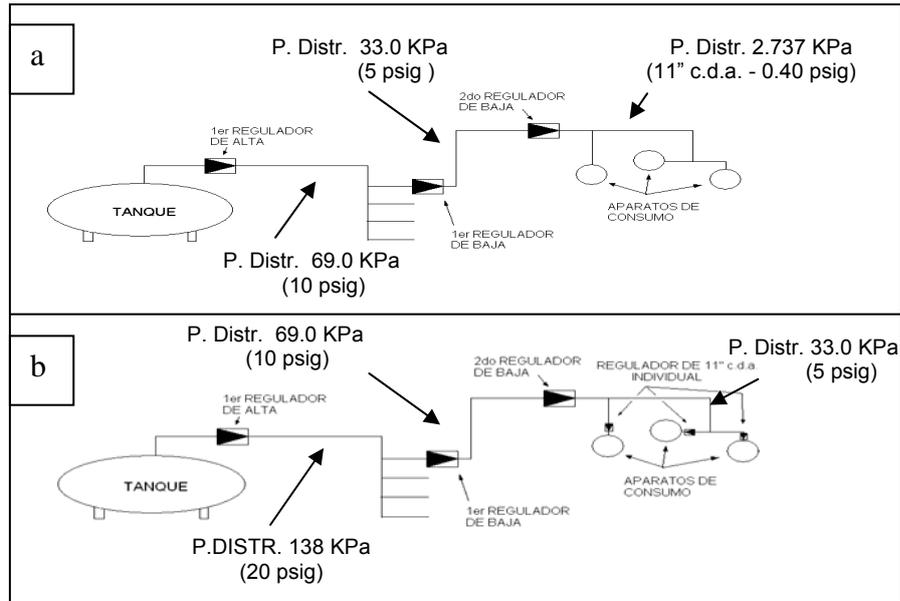


FIGURA 1.- INSTALACIONES DE REGULADORES Y PRESIONES DE SUMINISTRO

**TABLA V
CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES RECEPTORAS DE GAS (ref. 10)**

| Clasificación | Abrev. | Presión KPa (bar) | Utilización General |
|-----------------|--------|----------------------------------|--|
| Alta Presión B | APB | 1600 < P < 4500 (16 < P < 45) | Distribución de GN mediante gasoductos a todo el país |
| Alta Presión A | APA | 400 < P < 1600 (4 < P < 16) | Acometidas de GN a los grandes consumidores |
| Media Presión B | MPB | 40 < P < 400 (0.4 < P < 4) | Línea de distribución interior de un consumidor de gas (suministro en APA-MPB) |
| Media Presión A | MPA | 5 < P < 40 (0.05 < P < 0.4) | Línea de distribución interior de un consumidor de gas (suministro en MPB-MPA) |
| Baja Presión | BP | P < 5 (P < 0.05) | Aparatos de uso doméstico y en calderas |

2.1 Consideraciones para la Instalación

Para realizar el diseño y el cálculo de una instalación de gas se necesita conocer los siguientes parámetros: denominación del Gas (Natural – GLP), familia que pertenece (II o III), poder calorífico inferior (P.C.I.), densidad relativa (ρ_{rel}), índice de Wobbe (iW), grado de humedad o presencia de eventuales condensados, presión en la llave de acometida, presión nominal a los aparatos de consumo, número de viviendas, potencia nominal de simultaneidad de los aparatos, caudal máximo necesario, distribución de la instalación en el edificio, velocidad admitida de circulación del gas en la canalización, pérdida de carga admitida en la tubería y elementos que integran la instalación.

Existen variables que poseen su respectivo valor en función de la instalación a realizarse.

2.2 Consumo total del Edificio

Cada departamento posee aparatos de consumo fijos de circuito de estanco y de combustible gaseoso de tercera familia, adecuado con cocina, secadora, calentador de agua y en varios departamentos existe calentadores para piscinas SPA.

El cálculo del consumo real de cada departamento se lo estima de la potencia nominal de cada aparato instalado dado en el apéndice I de la tesis dividido para su poder calorífico inferior (P.C.I.). En cambio, en el apéndice P (ref10), se expone los resultados obtenidos de cada departamento y del edificio en general; como ejemplo ilustrativo, del departamento 2 del 5^{to} piso y las fórmulas del caudal simultáneo individual, aplicándolo a todos los 16 departamentos se obtiene el caudal máximo nominal simultáneo común. Se estima que el poder calorífico inferior en los cálculos del GLP, en un porcentaje de 70% de propano y 30 % de butano, es 10800 Kcal/Kg (45207.195 KJ/Kg).

$$\text{Cocina} \quad \frac{10000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 0.926 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$\text{Calentador} \quad \frac{23050 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}} = 2.134 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$\text{Secadora de ropa} \quad \frac{6020 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 0.557 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$\text{Calentador SPA} \quad \frac{44109 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{10800 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}} = 4.084 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Por lo tanto, el consumo simultáneo individual es:

$$Q_{si} = A_{\text{calentador SPA}} + B_{\text{calentador}} + (C_{\text{cocina}} + D_{\text{secador ropa}}) / 2$$

$$Q_{si} = (4.084 + 2.134 + (0.926 + 0.557) / 2) \text{ Kg/h}$$

$$Q_{si} = 6.960 \text{ Kg/h}$$

Al existir departamentos diferentes, el caudal simultáneo individual también es diferente, cuyo valor global de los 16 departamentos que alojan a se calcula en 82.842 Kg/h (ref. 10 apéndice P).

El factor de simultaneidad (S) de los 16 departamentos se estima en 0.20, ya que no hay calefacción en ningún departamento; valor que indica la probabilidad de que estén todos los departamentos consumiendo al mismo tiempo, por lo que, se determina el caudal o

consumo máximo de simultaneidad en la instalación común y su potencia en:

$$Q_{sc} = S (\sum Q_{si}) = 0.20 (82.842 \text{ Kg/h})$$

$$Q_{sc} = 16.568 \text{ Kg/h}$$

$$P_{sc} = P.C.I. (Q_{sc}) = 10800 \text{ Kcal/Kg} (16.568 \text{ Kg/h})$$

$$P_{sc} = 178934.40 \text{ Kcal/h} * \frac{1 \text{ KW}}{860 \text{ Kcal/h}}$$

$$P_{sc} = 208.06 \text{ KW}$$

El valor indicado de potencia no es mayor a 700 KW, valor mínimo en instalaciones comunes que necesiten mayores criterios para su ejecución, con lo cual, el procedimiento escogido para el proyecto se acepta por el cumplimiento de políticas de los organismos reguladores.

2.3 Selección del Tanque

El volumen del tanque seleccionado debe satisfacer la demanda de vaporización natural requerida del consumo máximo probable de simultaneidad común de 16.568 Kg/h, y por el tiempo de operación de los aparatos de consumo estimada empíricamente, dada en tabla VI, se determina el valor de consumo global máximo diario del condominio en 109.269 Kg/día (ref. 10 apéndice P).

**TABLA VI
CONSUMO DIARIO DE UN DEPARTAMENTO DE 6 HABITANTES**

| APARATOS | CAUDAL REQUERIDO (Kg/h) | FUNCIONAMIENTO (h/día) | CONSUMO (Kg/día) |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------|
| Cocina | 0.926 | 2.00 | 1.852 |
| Calentador | 2.134 | 1.00 | 2.134 |
| Secador de ropa | 0.557 | 0.57 | 0.318 |
| Calentador SPA | 4.084 | 1.20 | 4.901 |
| CONSUMO DIARIO | | | 9.205 |

Se asume la cocina operando con todos sus quemadores, calentador apto, secadora trabajando durante 4 hora a la semana, y el calentador de SPA actuando con 1 hora y 12 minutos en un día normal de labores.

Se halla la autonomía del recipiente a 15 días (tiempo estimado de recarga), con densidad GLP líquido de 510 Kg/m³ a 20 °C y un consumo diario del condominio de 109.269 Kg/día; por lo tanto el volumen mínimo requerido del depósito se establece en:

$$A = \frac{\rho_{liq} \cdot 0.65 \cdot \nabla}{m_d} \Rightarrow \nabla = \frac{A \cdot m_d}{\rho_{liq} \cdot 0.65} = \frac{15 \text{ días} \cdot 109.269 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{0.65 \cdot 510 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\nabla = 4.94 \text{ m}^3$$

La capacidad aceptada y suministrado en el mercado por Aceros Los Andes es de 4.3 m³ con superficie de 16.74 m²; además, con: una presión de canalización de 138 KPa (20 psig) el 20% de llenado y temperatura de 10 °C de operación, a partir de la tabla de vaporización

de tanques aéreos (apéndice M), proporciona un suministro de caudal de 25 Kg/h, que satisface el requerimiento en el 66%. Para la verificación se hace uso de la fórmula de caudal de vaporización (ref. 10 apéndice N) con una temperatura de operación mínima de 15 °C y una presión de red de 1.5 Kg/cm², donde se obtiene un área menor que la dada por el tanque seleccionado.

$$m_v = \frac{S * p * K * (T_{amb} - T_{equi})}{q} \Rightarrow S = \frac{m_v * q}{p * K * (T_{amb} - T_{equi})}$$

$$S = \frac{16.568 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 94 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{0.336 * 12 \frac{\text{Kcal}}{(\text{°C} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h})} * (15 - (-19))\text{°C}} = 11.36\text{m}^2$$

2.4 Selección de Tubería

El trazado calculado en metros de instalación es de 569 m, en que la utilización de tablas dadas por los fabricantes, ahorran tiempo en el dimensionado de las tuberías, pero se debe tener en cuenta que la mayoría se establecen para ciertos parámetros de presión de servicio y caídas de presiones estimadas. El uso de la tabla Rego no es la excepción, pues para el sistema que se acopla al mantenimiento y facilidades de montaje (homogeneidad en el diámetro del tubo) es el sistema b de la figura 1 (sistema 20 – 10 – 5 psig), que requiere al final de cada aparato de consumo un regulador de 11" c.d.a., donde las presiones sugeridas son permitidas por los organismos reguladores. En este caso, por tratarse de un sistema de tres etapas, en cada uno se miden tres distancias más críticas para la selección de la tubería; así, desde el primer regulador de alta al más lejano primer regulador de segunda etapa; desde este, al segundo regulador de segunda etapa; y desde último, al aparato más lejos; siendo las longitudes las que absorben las pérdidas provocadas por la fricción, reducciones y cambios de dirección.

Como explicación, para tubos de cobre, se escoge el departamento 2 del quinto piso, un trazado "a" desde el armario de contadores que contiene desde el primer al segundo regulador de segunda etapa, que posee una longitud de requerido de 88.30 pies (26.91 m). Con la ayuda de las tablas Rego (ref. 10 apéndice Q tabla 1), para tubería de segunda etapa, el valor inmediato superior estimado es de 90 pies, valor superior que estima las pérdidas provocadas por el recorrido de la tubería y el fluido. El siguiente paso es sumar las cargas (dada en BTU/h) que soporta la tubería ese tramo, así, el trazado "a" posee un consumo de la cocina, calentador, secador de ropa y calentador SPA de 330010 BTU/h dados de la siguiente forma:

$$(10000 + 23050 + 6020 + 44109) \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} = 83179 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \Rightarrow$$

$$83179 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{3412 \text{ BTU}}{860 \text{ Kcal}} = 330010 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

donde el valor superior inmediato en la columna de 90 pies es de 386000 BTU/h (ref. 10 apéndice Q tabla 1), el cual indica un diámetro de $\frac{1}{2}$ de pulgada de tubo cobre que en la especificación es de tipo L ó K.

Los diámetros para la tubería de cobre utilizado en la instalación se estimaron en $\frac{1}{2}$, $1 \frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgadas donde se las verificó con las fórmulas de Renouard a las presiones y caídas de presión dadas por el fabricante. En cambio para la verificación de diámetros en tubería ascendente, se recomienda que sea el inmediato superior de la tabla consultada para el caso de tuberías de cobre, factor que no sucede con la de acero. En el análisis por mecánica de fluido, el gas GLP se comporta como fluido incompresible, al asumir un cambio nulo en su densidad y su velocidad dentro de la tubería (menor a 20 m/s) respecto a la del sonido, dado por el número de Mach ($M < 0.3$).

2.5 Selección de Reguladores y Contadores

Al regulador se lo considera como aquel dispositivo utilizado para mantener constante el caudal a una presión de salida determinada sin variación de la misma, mientras un aparato este o no en funcionamiento, varios autores lo tratan como el corazón de la instalación, en cambio el contador mide la cantidad de gas suministrada al usuario.

Para la selección del regulador, se estima:

- a) Tipo de regulador a utilizar (única, dos, tres etapas)
- b) Máxima carga conectada
- c) Presión de descarga mínima (al aparato de uso)
- d) Presión de entrada mínima (del tanque o del regulador)

Para la selección de un contador se deben cumplir los siguientes parámetros:

- a) Campo de medida de un contador (caudales máximos y mínimo)
- b) Presión máximo y mínima de servicio
- c) Pérdida de carga

Los resultados obtenidos se registran en las tablas VII y VIII

TABLA VII
SELECCIÓN DE CONTADOR PARA CADA DEPARTAMENTO

| CONSUMO Q_{si} (Kg/h) | PISO UBICACIÓN | CONSUMO (m ³ /h) | CONTADOR | | |
|-------------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|-------|-----------|
| | | | CONSUMO (m ³ /h) | TIPO | UNIDADES |
| 2.038 | PB-D2 | 0.926 | 2.5 | G-1.6 | 1 |
| 2.871 | P1-D2-D3 P2-D2-D3 | 1.397 | 2.5 | G-1.6 | 4 |
| 3.339 | P1-D1 P2-D1 | 1.625 | 2.5 | G-1.6 | 2 |
| 6.960 | PB-D1 P3-D1-D2 P4-D1-D2 P5-D1-D2 P6-D1-D2 | 3.387 | 6 | G-4 | 9 |
| TOTAL | | | | | 16 |

TABLA VIII
SELECCIÓN DE REGULADORES PARA SISTEMA
20 - 10 – 5 PSIG

| ETAPAS | CONSUMO | | REGULADORES REGO | | |
|----------------------|---------|--------|-------------------|----------|-------|
| | Kg/h | BTU/h | CAPACIDAD (BTU/h) | SERIE | CANT. |
| 1 ^{ra} ALTA | 16.568 | 782217 | 2500000 | LV4403TR | 1 |
| 1 ^{ra} BAJA | 6.960 | 328599 | 500000 | LV2302TR | 16 |
| | 3.339 | 157642 | | | |
| | 2.871 | 135547 | | | |
| | 2.038 | 96219 | | | |
| 2 ^{da} BAJA | 6.960 | 328599 | 935000 | LV4403SR | 16 |
| | 3.339 | 157642 | | | |
| | 2.871 | 135547 | | | |
| | 2.038 | 96219 | | | |
| Terminal | 2.000 | 94425 | 94425 | | |

3. PRUEBAS Y COSTOS DE LA INSTALACIÓN

Para la confirmar el buen funcionamiento de la red canalizada se procede a pruebas de estanqueidad y prueba de ensayos no destructivos. Para tuberías enterradas o empotradas, antes de su instalación respectiva, y después de su enfriamiento completo de su soldadura, se deben realizar sus pruebas que garanticen su buen desempeño operativo.

La prueba de estanqueidad, según la norma INEN 2260:2001, en su literal 5.6.1, se la realiza con aire o gas inerte a una presión entre 1.5 veces la presión máxima de servicio y 21 KPa (3 psig \cong 84" c.d.a.) como mínimo. Por tratarse de sistemas con diferentes presiones, se toma individualmente cada tramo en función de su presión de suministro, así presiones de prueba de 30, 15, 7.5 y 0.60 psig para sistemas de 20, 10, 5 psig y 11" c.d.a. respectivamente.

El tiempo de la prueba está dado en función del volumen del tanque de almacenamiento, con lo cual para volúmenes entre 4 y 680 m³ de capacidad de agua el tiempo es dado por el factor 2.14; así, para un volumen de 4.3 m³, se debe emplear $2.14 \times 4.30 = 9.20$ minutos que en la práctica es 10 minutos mínimo para cada tramo.

El costo estimado para el sistema incluido materiales, mano de obra, instalación, tanques, reguladores, armario y contadores es de **\$ 35984.54**, incluido I.V.A.

CONCLUSIONES

El sistema consume un estimado de 109,269 Kg/día que equivale a 8 cilindros de 15 Kg que representa un costo de \$216 durante los 15 días en el periodo de uso del tanque, pero la política de gobierno considera a este sistema un costo industrial de \$0.4012 por Kg de GLP, pagándose por el uso de gas canalizado

un total de \$ 596.58. Valor exageradamente superior que no representa un incentivo para la masificación de red canalizada de gas, pero mantiene un menor riesgo por el manipuleo de los cilindros domésticos en el condominio. Se debe impulsar el consumo de GLP canalizado con la ayuda de las comercializadoras y del gobierno central.

Se escoge el sistema 20 – 10 – 5 psig, de tubería de cobre tipo L para tramos rectos, porque es más resistente a la corrosión y tiene un menor mantenimiento, aunque su costo por material es más elevado que si fuera de acero, llegando a un mínimo uso de accesorios de reducción que complica a la instalación inmediata del sistema. También se obtiene un flujo constante y un verdadero consumo del cliente.

REFERENCIAS

1. Crane, Flujo de fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías (México, Mc Graw Hill, 1998) pp. 1-1 a 1-12.
2. J.A de Andrés y R. Pomatta, Instalaciones de Combustibles Gaseosos, Editorial (Madrid, A. Madrid Vicente Editores, 1996) pp. 17-35, 175-186
3. ROBERT W. FOX, Introducción a la Mecánica de Fluidos, (4ta Edición, México, Mc Graw Hill, 1995) pp. 355-416
4. SONNTAG Y VAN WYLEN, Introducción a la Termodinámica Clásica y Estadística, (México, Limusa Noriega Editores, 1996) pp. 440-459
5. J.M STORCH DE GARCIA, Mc Graw Hill, Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Volumen II, (España, 1998)
6. LEXIS 22, Círculo de Lectores S.A., Diccionario de Tecnología, (Barcelona, 1982)
7. NFPA 58, "Norma para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados de Petróleo", NFPA, 1995, pp. 10-61
8. REGO PRODUCTS, Manual de Servicio para el Instalador de Gas - LP, Engineered Control Internacional. Inc., Impreso en USA 1962
9. REPSOLGAS, Documentación Interna Complementaria: Especificación Técnica del Plan Propano Multivivienda PPM, Repsol, 1999, 2da Edición
10. H. Escalante "Implementación de un Sistema de Gas Canalizado (GLP) en un condominio" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003)

Director de Tesis
Ing. José Pacheco